



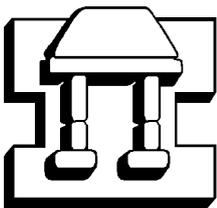
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

“EVALUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE *STENOCACTUS CRISPATUS* EN  
LA RESERVA DE LA BIOSFERA TEHUACAN-CUICATLÁN, PUEBLA-  
OAXACA.”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**BIOLOGO**

P R E S E N T A  
González Vargas Fabián



*DIRECTOR DE TESIS: Dr. Oswaldo Téllez Valdés*

Los Reyes Iztacala, Edo. de México.

2009



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**

Al Dr. Oswaldo Téllez Valdés.

A la FES Iztacala programa PAPCA 2007-2008. A la compañía automotriz VW y al programa PAPIIT IN212407, DGPA UNAM, por su apoyo económico para el desarrollo de la presente tesis como parte del proyecto “Evaluación de conservación de especies de Cactaceae en peligro de extinción en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán”.

## **Dedicatoria**

*A mis padres.*

### **A mis amigos y compañeros**

Yanet Ramírez Nieves, Ricardo González, Ayala Mario, Uriel Campos López (de antaño), Romero David (Panzas), Héctor Romero Hurtado (Compawer), Martín González, Armando Rodríguez, Israel Guerrero, Fernando Piña, Moisés Villalobos. Paco del Invernadero.

Miguel, Néstor, Roberto, David Pérez, Diana, Belem, Felipe, Lilia, chino, Tocayo, E.T.

A todo(a) s los electros. Mónica, Lourdes, Oscarito. Tania.

A los calentosaurios. , Oswaldo (Tarzán). Jesús, Bazan, Rosaliano, Mandarina.

A los de Recursos Irving, Violeta, Karla, Richie por su ayuda en campo y Laboratorio.

*Y a todos aquellos que me ayudaron en mi formación en general.*

# Índice general

	Pág.
Índice figuras y cuadros.	II
Resumen	III
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
3. Objetivos.....	5
4. Área de estudio.....	6
5. Materiales métodos.....	10
Trabajo de gabinete.....	10
A) Criterio A.....	11
B) Criterio B.....	12
C) Criterio C.....	14
D) Criterio D.....	16
6. Resultados	
Criterio A.....	19
a) Ajuste de los datos del SIG y evaluación de conservación de <i>S. crispatus</i> .....	20
Criterio B.....	24
a) Clima.....	24
b) Identificación de las características del hábitat.....	25
Criterio C.....	27
a) Estructura de tamaños.....	27
b) Densidad.....	28
c) Fenología reproductiva.....	28
d) Semillas por fruto.....	29
e) Germinación.....	29
Criterio D.....	31
Integración criterios del MER.....	37
7. Discusión.....	38
8. Conclusiones.....	42
9. Bibliografía.....	43
10. Anexo.....	49

## Índice de figuras y cuadros

		Pág.
Figura 1	<i>Stenocactus crispatus</i>	3
Figura 2	Reserva de la biosfera Tehuacan-Cuicatlán	6
Figura 3	Evaluación de conservación con todos los registros conocidos en México	20
Figura 4	Modelo de evaluación de conservación de <i>Stenocactus crispatus</i>	21
Figura 5	AOO de <i>S. crispatus</i> en Cañada Morelos ajustada a 0.1km	22
Figura 6	AOO de <i>S. crispatus</i> en Concepción Buenavista ajustada a 0.1km	22
Figura 7	Áreas de distribución potencial de <i>S. crispatus</i> en México	23
Figura 8	Distribución potencial de <i>S. crispatus</i> respecto a los límites de la RBTC	23
Figura 9	Clasificación de localidades de acuerdo con la semejanza climática de las localidades/poblaciones donde se distribuye <i>S. crispatus</i> de todo México.	25
Figura 10	Tipo de sustrato en las localidades estudiadas	26
Figura 11	Tamaño promedio de las dos poblaciones de <i>Stenocactus crispatus</i>	28
Figura 12	Numero de semillas por fruto de las dos poblaciones de <i>S. crispatus</i>	29
Figura 13	Promedio de semillas germinadas de <i>Stenocactus crispatus</i>	30
Figura 14	Vista de Cañada Morelos, Puebla en donde habita <i>S. crispatus</i> .	32
Figura 15	Localidad Cañada Morelos con relación a distintos factores de impacto	32
Figura 16	Hábitat en “Cerro El Gavilán”, Concepción, Oaxaca	33
Figura 17	Hábitat en “Cerro El Gavilán”, Concepción, Oaxaca	33
Figura 18	Área ± 2 Km de Concepción, Buenavista, Oaxaca	34
Figura 19	Tipo de hábitat en Concepción, Buenavista	35
		Pág.
Cuadros		
1.	Parámetros bioclimáticos usados para generar los perfiles bioclimáticos.	13
2.	Intervalos para determinar el criterio C del MER	15
3.	Impacto sobre la calidad del hábitat respecto a la actividad humana	17
4.	Evaluación geográfica de <i>Stenocactus crispatus</i> para México.	19
5.	Evaluación de conservación de <i>Stenocactus crispatus</i>	20
6 a-b	Perfiles bioclimáticos del El Gavilán y Cañada Morelos	24
7.	Diámetro promedio de <i>S. crispatus</i> en las dos localidades	28
8.	Valores asignados respecto al criterio C del MER y su puntuación total	31
9.	Actividades humanas que impactan las poblaciones y valores asignados a cada una de ellas (Criterios B y D del MER).	36
10.	Integración de los cuatro criterios del MER, para todas las variables analizadas.	37

## Resumen

La problemática de la conservación y protección de cactáceas es muy compleja, ya que muchas de sus especies se encuentran amenazadas. Poseen poblaciones pequeñas con tasas de crecimiento lentas y ciclos de vida muy largos. Además son de difícil acceso, lo que impide tener un registro preciso de su distribución geográfica, aspecto que de forma general limita su estado de conservación. Por lo que se hizo una evaluación de *Stenocactus crispatus* para determinar el estado actual de conservación preliminar basado en 2 poblaciones. Se seleccionaron las localidades cerro "El Gavilán", Oaxaca. Cerro "Cañada Morelos" Puebla.

La metodología de conservación se basó en el MER (Método de evaluación de riesgo de especies silvestres); que sigue 4 criterios: **1)** Criterio A: amplitud de la distribución del taxón. Con ayuda del programa ArcView Gis 3.2, se determinó su EOO (Extensión de la "posible" presencia de la especie) y su AOO (Área real de presencia de la especie). **2)** Criterio B. Estado del hábitat respecto al desarrollo natural del taxón. Se evaluó una tendencia en la calidad del hábitat con base a su cercanía a vías de comunicación pobladas. **3)** Criterio C. Vulnerabilidad intrínseca biológica del taxón. Se tiene contemplado conocer la estructura de tamaños, conocer el tipo de vegetación asociada, la variación dependiendo el clima. Determinar la tasa de germinación. **4)** Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón.

En general la metodología está basada en análisis en sistemas de información geográfica y muestreo en campo. Los resultados muestran que la EOO fue de 132.925 km y la AOO de 2.25 km. Además se infiere que son dos poblaciones distintas por la distancia y diferentes parámetros climáticos. Se determinó que la población El Gavilán es muy limitante, ya que existe una alta pérdida de cubierta vegetal y con tendencia a la erosión total.

La estructura de tamaños mostró individuos entre 10-105 mm en el "Gavilán" y en Cañada Morelos entre 9.8-83 mm, 51 mm en promedio de las 2 poblaciones. Se presentó un porcentaje de germinación de 30% en Cañada Morelos y en El Gavilán de 29% sin ningún tratamiento en una T° de 30-32° C.

Se observó una similitud de vegetación asociada con respecto a las dos localidades muestreadas. La localidad de Cañada Morelos está a escasos 300 m de la carretera federal que lleva al poblado del mismo nombre; además, se registraron en áreas cercanas con apertura de terrenos para agricultura, algunos abandonados. El Gavilán existen carreteras y terracerías a menos de 500 m, así como poblados importantes a  $\pm 2$  km, lo que permite considerar que existe una calidad de hábitat baja. Asimismo, el sitio presenta un mayor índice de pedregosidad debido a una fuerte alteración de la cubierta vegetal original.

Finalmente, la conclusión es que debido a los distintos impactos y características intrínsecas de la especie esta especie debe ser calificada como vulnerable o incluso con posibilidades de sufrir eventos de extinción locales en algunas de sus poblaciones a través de toda su distribución, incluyendo aquellas de los estados de Puebla y Oaxaca, pero principalmente en aquellas poblaciones que se encuentran fuera de los límites de las áreas naturales protegidas.

Palabras clave. Conservación. *Stenocatus cripatus*, SIG. Categorización IUCN, Bioclim,

## Introducción

La distribución de la diversidad biológica sobre el planeta no es uniforme, de hecho pocas especies pueden considerarse cosmopolitas. Al respecto, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), ha identificado 12 regiones en el mundo, las cuales se consideran importantes centros de diversidad que han merecido una atención especial para el desarrollo de actividades de investigación y protección, entre ellos se encuentra el valle de Tehuacan- Cuicatlán. (Méndez-Larios *et al.*, 2004; Villaseñor, 2003).

Al valle de Tehuacán-Cuicatlán, se le conoce como uno de los centros de concentración diversidad de varias familias más importantes, entre ellas las cactáceas, que en el país presentan un alto índice de endemismo a nivel genérico (73%) y específico (78%) (Hernández & Godínez, 1994; García-Mendoza *et al.*, 2004). A nivel global, se calcula que la familia incluye alrededor de 110 géneros y alrededor de 1500 especies. En México, existen alrededor de 52 géneros y 850 especies, por lo cual se considera el mayor centro de diversidad para la familia (Becerra, 2000).

La problemática de la conservación y la protección de las cactáceas es muy compleja, muchas de las especies que se encuentran amenazadas, poseen poblaciones pequeñas, con tasas de crecimiento lentas y ciclos de vida muy largos. (Peters & Martorell, 2000). Además son de distribución restringida y/o de difícil acceso, lo que impide tener un registro preciso de su distribución geográfica, aspecto que de forma general limita la evaluación de su estado de conservación (Becerra, 2000).

Con relación a lo anterior, 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 o nada se ha hecho para documentar el área total que una especie ocupa. Por lo tanto, uno de los obstáculos para evaluar adecuadamente el estatus de

conservación de las especies es el conocimiento razonable de su distribución geográfica (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

Este conocimiento permitiría el mapeo de la biodiversidad, lo que a su vez, facilitaría el reconocimiento de regiones donde es prioritario establecer programas de conservación, y a partir de ello, se apoyarían las investigaciones para el aprovechamiento de recursos naturales y estudios sobre aquellas regiones donde la información biológica es escasa.

La tecnología moderna ha desarrollado métodos innovadores para el estudio de los recursos. Una de estas herramientas son los sistemas de información geográfica, (SIG), los cuales han desempeñado un papel importante en el análisis de datos y especialmente en lo que se refiere a la extrapolación e interpretación de datos, cálculo de áreas, y seguimiento (p.e. de los cambios en el uso de suelo, entre otros) (Godert & Mantel, 2001).

Más recientemente, los estudios enfocados a reconocer la distribución geográfica de los organismos, apoyados en el uso de estos SIG, describen cuantitativamente un número de condiciones físicas, a partir de los puntos conocidos de la distribución de las especies, incluyendo datos de variables como el clima y el tipo de suelo (Kerney & Warren, 2004). Estos elementos son la base para desarrollar modelos de nicho ecológico o de distribución potencial (Téllez-Valdés & Dávila-Aranda, 2003).

Ante el escenario previamente descrito, se ha seleccionado a *Stenocactus crispatus* (Cactaceae), que es una especie endémica de México con una distribución en los estados de Querétaro, Hidalgo, México, Oaxaca y Puebla, y con una especificidad de hábitat alta (Arias *et al.*, 1997; Hernández *et al.*, 2004). Además, se encuentra sometida a factores de riesgo que afectan sus poblaciones, tales como el saqueo y el comercio ilegal, la alteración y/o modificación de su hábitat (Arriaga *et al.*, 2000).



Figura 1. *Stenocactus crispatus*

Esta especie es característica del matorral xerófilo, del pastizal y del bosque de *Quercus-Juniperus* (Arias et al., 1997). Habita entre los 2000 y 2600 m; florece entre octubre y marzo, y fructifica entre diciembre y abril (Hernández *et al.*, 2004). Las localidades en Oaxaca son importantes ya que representan el límite sur de la distribución del género *Stenocactus* (Bravo-Hollis, 1991).

No obstante el conocimiento general que se tiene de esta especie, no existen datos sobre su estado de conservación, por lo que se requieren estudios sobre sus patrones de distribución a escala nacional, regional y local, la dinámica de sus poblaciones y la variabilidad genética con el fin de estimar su estado de conservación (Hernández *et al.*, 2004), también es necesario evaluar las presiones de las actividades antropogénicas y el comercio ilegal al que están sujetas numerosas especies.

## Antecedentes

En general, aunque existe un importante número de estudios acerca de la familia Cactaceae, los relacionados con su conservación son escasos (Hernández et al., 2004). Los primeros estudios que documentan la presencia y/o distribución de las Cactaceae en la reserva, son los de Bravo (1991), más recientemente Dávila et al. (1993) y Arias et al. (1997), quienes tratan aspectos florísticos y taxonómicos de las especies de Cactaceae del Valle de Tehuacan–Cuicatlán, respectivamente.

Existen trabajos que merecen atención especial. Están los estudios de Zavala (1997) y Zavala-Hurtado & Valverde (2003), quienes evalúan el estado ecológico y la restricción de hábitat de *Mamillaria pectinifera* en el valle de Tehuacán, Puebla. Por último, Peters et al. (2008) refieren que las rocas son más importantes que las nodrizas para las plántulas de esta especie. Asimismo, Zavala (1997), evalúa el estado ecológico de *Pachycereus fulviceps* en el Valle de Zapotitlán, Puebla.

De igual forma está el trabajo de Gutiérrez (2007), quien evalúa el estado de conservación de *Ferocactus haematacanthus* en la Reserva de la Biosfera Tehuacan Cuicatlán. Este estudio es el único que emplea datos y herramientas específicos para la conservación.

Con relación a *Stenocactus*, existen pocos estudios que pudieran dar cuenta de aspectos relacionados con su distribución, ecología y/o conservación. Entre estos están los de Huerta-Martínez & Escobar-Santos (1998), quienes presentan unas notas sobre la ecología de *Stenocactus dichroacanthus*, en Jalisco y Zacatecas. También se cuenta con el trabajo de López-Fuentes (2007), quien estudia la dinámica poblacional de *Stenocactus crispatus* en Los Ángeles Tetela, Puebla.

Finalmente, existen otros estudios que involucran conceptos y métodos de modelaje bioclimático como el de Téllez-Valdés & Dávila-Aranda (2003), quienes desde el punto de vista de la conservación, evalúan los efectos del cambio climático sobre las áreas de distribución de distintas especies de Cactaceae de la RBTC.

## **Justificación**

Debido a que *Stenocactus crispatus* una especie sensible a las presiones de las actividades antropogénicas, a su endemismo relativamente restringido y el comercio ilegal, se requiere evaluar el estado de conservación de esta especie, con base en un modelo de estudio basado en la distribución geográfica, la fenología reproductiva y el entendimiento de los impactos sobre sus poblaciones, de origen natural (incendios y cambio global) y humano (agricultura, ganadería, etc.), en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

## **Objetivo General**

Evaluar el estado de conservación de *Stenocactus crispatus* (Cactaceae) en la reserva de la biosfera Tehuacán–Cuicatlán, con base en el método del MER.

## **Objetivos Particulares**

- Evaluar la extensión del área posible de distribución de la especie
- Evaluar el área de ocupación real de la especie
- Evaluar el posible número de subpoblaciones y el área que cubren.
- Evaluar la extensión y calidad del hábitat, con relación a las actividades humanas.
- Evaluar la capacidad reproductiva de la especie.
- Evaluar la calidad del hábitat.

## Área de estudio

Forma parte de la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán, en la zona sureste del estado de Puebla y noroeste de Oaxaca es ubica entre los 17°39'-18°53' latitud norte y los 96°55'-97°44' longitud oeste. El valle de Tehuacan-Cuicatlán tiene una superficie aprox. de 10,000 km<sup>2</sup> que incluye valles intermontanos y numerosas serranías menores. Posee una gran riqueza florística con más de 2700 especies de plantas vasculares (cerca del 10% de la flora mexicana) y 365 especies endémicas a la región (14 % de la flora de la reserva) (Dávila et al., 2002). Parte de su territorio se ha decretado como un área natural protegida correspondiente a la reserva de la biosfera Tehuacan-Cuicatlán (Diario oficial de la federación, 1998 (Figura 2)

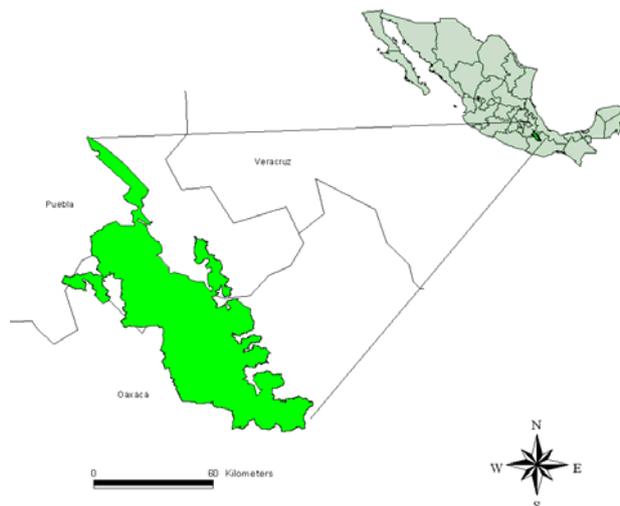


Figura 2. Reserva de la biosfera Tehuacan-Cuicatlán.

## Suelo

En los alrededores del valle de Tehuacán hay suelos calcáreos, salino calcáreos, yesosos y calcáreo-yesosos de lomerío que corresponden, según Aguilera (1970 en Ochoa, 2001), a suelos de las regiones áridas derivados de evaporitas, de tipo halomórfico también con diferentes estados de salinidad y alcalinidad. En particular en el cerro El Gavilán, Concepción Buenavista, Oaxaca el suelo de es de tipo pedregoso.

Los suelos con escaso desarrollo dominan la superficie, debido al relieve montañoso de la región. Son suelos de tipo regosol y litosol que se encuentran en las laderas de las pendientes mayores a 8° de las Tierras Altas de Oaxaca y en las Sierras Mazateca y de Juárez (en Rosas, 2007).

## **Clima**

El clima de la región está determinado principalmente por los patrones generales de circulación de la atmósfera, por la predominancia de vientos del este (alisios) durante el verano con lluvias de tipo monzónico y vientos del oeste durante el invierno; y en ocasiones durante la época invernal los vientos polares (nortes) provocan precipitaciones en las partes más altas de las montañas.

El clima es de tipo cálido seco, con una precipitación promedio anual de 479.6 mm, mientras que la temperatura promedio anual es de 18.6° C. La temperatura en cañada Morelos es de 14.4 ° C, con una precipitación promedio anual de 529 mm. En Concepción Buenavista, la temperatura es de 16.1° C, con una precipitación promedio anual de 617mm. La aridez de la región, en gran parte se debe al fenómeno de sombra orográfica provocada por la Sierra Madre Oriental, que en esta porción del país se conoce como Sierra de Zongolica (Valiente-Banuet *et al.*, 2000).

## **Vegetación**

Valiente-Banuet *et al.* (2000) caracterizaron la vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Con base en criterios estructurales y fisonómicos reconocieron 29 asociaciones vegetales agrupadas en seis categorías: bosques de cactáceas columnares arborescentes, vegetación arbolada, vegetación arbolada de montaña, vegetación asociada a ríos con agua permanente, matorrales dominados por arbustivas espinosas perennifolias, matorrales dominados por arbustivas inermes perennifolias

## **Geología**

La geología del Valle de acuerdo con Nava (1965) y Fuentes-Aguilar (1970) es:

i. La formación del complejo basal, que data del Paleozoico y principios del Mesozoico (Jurásico), está compuesta por rocas metamórficas (esquistos, pizarras, gneis, cuarzitas, mármoles), sedimentarias (areniscas y lutitas) y volcánicas (diques). Este complejo ha sido sometido a deformaciones tectónicas e intrusiones magmáticas, manifestadas en pliegues, derrames de lava y metamorfismo regional y de contacto. La mayoría de las rocas son de origen continental y se agrupan dentro de la formación Matzitzí.

ii. Durante el Cenozoico Medio y Superior, la región fue invadida por los mares, depositándose gruesos paquetes de sedimentos marinos, y constituyendo las formaciones: Zapotitlán, San Juan Raya y Miahutepec. Estas formaciones están constituidas por calizas con rudistas y nerineidos y también por calizas con pedernales y margas.

iii. A finales del Mesozoico y principios del Cenozoico tuvieron lugar diferentes procesos que dieron lugar a la configuración de la cuenca: a) regresión marina y separación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán del Golfo de México. b) procesos orogénicos (plegamiento de la Sierra Madre Oriental), fracturamiento, fallamiento y actividad volcánica. c) formación tectónica de la cuenca y deposición de sedimentos de origen químico y continental, derivados de la erosión de las nuevas estructuras montañosas. Las rocas de estos depósitos están formadas por yesos, travertinos y conglomerados, limolitas, nódulos de calcedonia, calizas lacustres, tobas y areniscas, respectivamente. Estas rocas pertenecen a las formaciones Tehuacán, Huajuapán y Yanhuitlán y afloran en el Cerro Colorado (cerca de Tehuacán), en el Cerro Colorado de Ajalpan, en los valles de Huajuapán, y en los alrededores de Yanhuitlán, estas últimas en el estado de Oaxaca; d) posterior a los movimientos orogénicos, tuvo lugar un periodo de gran actividad volcánica, cuyas evidencias se tienen en las rocas riolíticas, piroclásticas (tobas) y andesitas, las cuales afloran en el transecto de San Gabriel Chilac y Atzingo, así como en los alrededores de la cuenca de Tlaxiaco.

Durante el cenozoico (terciario medio y superior) la gran cuenca tectónica contenía un gran lago, como lo demuestran los depósitos lacustres y travertinos que afloran al noreste de la ciudad de Tehuacán (Cerro de la Mesa), en Altepexi y en Axusco.

A principios del cuaternario, la cuenca endorreica hasta entonces formada, fue seccionada por fenómenos tectónicos (neotectónicos), drenando los escurrimientos vía río Santo Domingo hacia la cuenca del río Papaloapan, formándose así la configuración geomorfológica del Valle de Tehuacán.

Para el cuaternario tardío (pleistoceno-holoceno), se describen de manera general los depósitos aluviales, costras de carbonatos de calcio y rocas de origen volcánico. Dentro de este periodo se menciona que tuvieron lugar importantes variaciones climáticas que dieron como resultado la formación y evolución de suelos, abanicos aluviales, pedimentos, formación de caliches, y depósitos fluviales y aluviales.

## **Hidrología**

El valle de Tehuacán – Cuicatlán es cruzado principalmente por el río salado que sigue su curso hacia Oaxaca y en Quiotepec se une con el río grande que trae aguas del Valle de Cuicatlán. De esta unión se forma el río Santo domingo afluente del Papaloapan, el cual desemboca finalmente en el Golfo de México (Jaramillo & González 1983, en Alcasio, 2007).

## Materiales y métodos

### 1.-Trabajo de gabinete

#### a) Base de datos

Se estructuró una base de datos de *Stenocactus crispatus* con todos los registros recabados en las bases de datos de la CONABIO (Red Mundial de Información sobre Biodiversidad) y de la FES-I, del Herbario Nacional (MEXU) y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB).

Para la evaluación del estado de conservación de esta especie se siguieron los criterios establecidos en Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Especies Silvestres en México MER (de la Norma Oficial Mexicana, para la 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.) (<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/342/determina.html>).

Los métodos propuestos por el MER para la evaluación de la especie serán aplicados con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (software ArcView GIS 3.2) y modeladores especiales (BIOCLIM).

El MER es una herramienta que permite documentar y formalizar de manera sistemática, rápida y sencilla el estado de conservación de un taxón en el país. Permite ordenar jerárquicamente los criterios, atendiendo a la posibilidad de que desaparezca en su estado silvestre en México. El MER se aplica igualmente a toda propuesta de inclusión, exclusión o cambio de categoría en la lista de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Este método utiliza cuatro criterios (A, B, C y D), cada uno con una escala de tres a cuatro valores que indican grados ascendentes de riesgo.

Se procura que estos criterios mantengan un alto grado de independencia entre sí, de manera que la suma progresiva de sus puntajes guarde una relación directa con el grado acumulativo de riesgo de extinción y no se repitan en las consideraciones parciales (<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/342/determina.html>).

Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón en México.

Criterio B. Estado del hábitat respecto al desarrollo natural del taxón.

Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón.

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

### **Aplicación de los criterios del Método de Evaluación de Riesgo.**

#### **A) Criterio A**

Este criterio se refiere a la amplitud de la distribución en México. Se resuelve por medio de un análisis geográfico practicado con un script (rutina) ejecutado en el programa ArcView 3.2 (ESRI, 2000). Esta rutina permite calcular:

**i.** La extensión del área de la posible presencia de la especie (Extent of occurrence; EOO), que significa el área mínima dentro del límite continuo más corto que engloba todos los puntos (localidades conocidas) de distribución del taxón.

**ii.** El área de presencia de la especie (Area of occupancy; AOO), que es el área real que ocupan las poblaciones o subpoblaciones de la especie, dentro de los límites de la distribución total reconocida para el taxón. Se calcula dividiendo la EOO en celdas de igual tamaño. El tamaño de la celda se determina por el tamaño de la EOO (determinada como 1/10 del eje ortogonal más grande de la EOO). Por su parte la AOO se determina por el número total de celdas que ocupan toda el área de la EOO.

Teóricamente los cálculos de la EOO y la AOO, permitirían resolver de manera completa el criterio A del MER. Sin embargo, adicionalmente se generarán modelos de distribución potencial, como una fuente de datos extra que permita estimar la posible distribución total de la especie en el área de estudio basada en los registros conocidos. Como parte de este ejercicio se ajustarán los modelos con el fin de minimizar al máximo los posibles errores de sobreestimación.

**iii.** Identificación de subpoblaciones

Estas son grupos geográficamente diferenciados de la población entre las que hay relativamente poco intercambio genético o demográfico (UICN, 2001). Para delimitar las subpoblaciones se usó el método de adyacencia de las celdas. Estas celdas son las mismas que se produjeron para el cálculo de la AOO. Cada una está ocupada por un grupo de individuos que representa una población distinta. Cuando las celdas ocupadas por los individuos son adyacentes con alguna otra, se considera que representan una sola población.

Para este criterio se consideran cuatro categorías:

- 1.- Muy restringida = 4 puntos. Se aplica para especies microendémicas o extraliminales con escasa distribución en México (menor a 5% del territorio nacional).
- 2.- Restringida = 3 puntos. Incluye especies cuyo ámbito de distribución en México se encuentra entre el 5% y el 15% del territorio nacional.
- 3.- Medianamente restringida a amplia = 2 puntos. Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor al 15%, pero menor al 40% del territorio nacional.
- 4.- Ampliamente distribuidas = 1 punto.

## **B) Criterio B del MER**

Se refiere a la identificación de las características que componen el hábitat donde se encuentra la especie. Desde el punto de vista climático se describirá con base en los valores de 19 parámetros (ver Cuadro 1) (Nix, 1986), y el tipo de sustrato (porcentaje de pedregosidad). Se usará el programa BIOCLIM (Houlder et al., 2000), que genera los perfiles bioclimáticos, tanto de las localidades/poblaciones en donde se encuentran los individuos, como de la especie bajo estudio. Estos elementos permitirán definir el tipo de especificidad del hábitat de la especie y sus poblaciones.

Se generarán los perfiles bioclimáticos de los sitios en donde habita la especie, con ayuda del programa BIOCLIM. El cuadro 1 muestra los parámetros climáticos, a partir de los cuales se generarán los perfiles y los modelos de distribución potencial.

Cuadro 1. Parámetros bioclimáticos usados para generar los perfiles bioclimáticos.

Número	Descripción y unidades
1	Temperatura promedio anual (°C)
2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)
3	Isotermalidad (°C)
4	Estacionalidad de la Temperatura (C de V %)
5	Temperatura máxima del periodo más caliente (°C)
6	Temperatura mínima del periodo más frío(°C)
7	Oscilación anual de la temperatura (°C)
8	Temperatura promedio del cuarto más húmedo (°C)
9	Temperatura promedio del cuarto más seco (°C)
10	Temperatura promedio del cuarto más caliente (°C)
11	Temperatura promedio del cuarto más frío (°C)
12	Precipitación anual (mm)
13	Precipitación del periodo más húmedo (mm)
14	Precipitación del periodo más seco (mm)
15	Estacionalidad de la Precipitación (C de V %)
16	Precipitación del cuarto más húmedo (mm)
17	Precipitación del cuarto más seco (mm)
18	Precipitación del cuarto más caliente (mm)
19	Precipitación del cuarto más frío (mm)

La clasificación permitirá una sumatoria de valores por localidad para cada aspecto, conformando una escala de intervalos para las tres categorías de integridad/salud del hábitat. Propuestas en la escala total del MER.

- |                               |                                             |
|-------------------------------|---------------------------------------------|
| 1) Hábitat propicio= 1.       | De 0 a 5 puntos en la escala de evaluación. |
| 2) Hábitat limitante = 2.     | De 6-10 puntos en la escala de evaluación.  |
| 3) Hábitat muy limitante = 3. | De 11-15 puntos en la escala de evaluación  |

### **C) Criterio C**

Con el fin de determinar una serie de características relacionadas con la capacidad intrínseca de la especie bajo estudio propuestas por el MER, se siguieron los métodos usados por Álvarez–Espino (2003), Martínez–Avalos *et al.* (1994), Contreras *et al.* (2002) y Godínez–Álvarez *et al.* (2003). Las características medidas en las poblaciones fueron:

**i. Estructura de tamaños.** Se refiere a la cantidad de individuos en cada clase de edad existentes en la población. En cada localidad se hicieron 4 transectos de 10 x 25 m, que se adaptaron de acuerdo con las agregaciones de cactáceas existentes. La densidad se obtuvo contando el número total de plantas y midiendo el diámetro de cada una de ellas (ramas o hijuelos) por unidad de área muestreada. El diámetro total de las plantas se estimó como la suma de diámetros de todas las ramas. Para determinar la estructura de tamaños de cada población, las plantas se clasificaron en categorías de acuerdo con su diámetro (0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80, y mayores a 80 mm). Se consideraron las categorías dependiendo del intervalo de datos, así como del número de individuos por categoría de tamaño. La estructura de tamaño de cada población se comparó mediante la prueba de Kruskal-Wallis, para saber si existen diferencias significativas entre las dos poblaciones.

**ii. Fenología reproductiva.** Se contaron las flores y los frutos de los individuos, en un muestreo dirigido a determinar su eficiencia reproductiva. Se contó el número de flores producidas por individuos y el número de frutos producidos. De acuerdo con esta diferencia se estimó el porcentaje de fructificación exitoso.

**iii. Número de fruto/semillas.** Las semillas fueron recolectadas y contadas. Se determinó el número de semillas por cada fruto y se estimó el promedio. Los datos se compararon mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Mann-Whitney, para definir si existen diferencias significativas en el número de semillas entre ambas poblaciones.

**iv. Tasa de germinación.** La prueba germinación se realizó a una temperatura de 30-32° C, con fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. Se colocaron 10 semillas en cajas de Petri con papel filtro (Whatman No.1).

Las cajas fueron cerradas y envueltas con plástico auto adherible transparente para crear un efecto de invernadero. Para cada localidad se hicieron ocho replicas. Las cajas se revisaron diario para registrar el número de semillas germinadas y para mantener la humedad constante. Una semilla se consideró germinada al observarse la emergencia de la radícula. Para reconocer las diferencias significativas entre los lotes de semillas germinadas de las distintas localidades, se aplicó la prueba de Chi<sup>2</sup>, debido a que son variables discretas y ameritan una prueba no paramétrica.

Con el fin de asignar un valor a la especie bajo estudio de acuerdo al criterio C, inicialmente se establecieron una serie de intervalos basados en los promedios de la producción de flores y frutos, semillas y germinación (Cuadro 2).

I. Producción de flores
a) de 8-12 = 3
b) de 4-7 = 2
c) de 0-3 = 1
II. Producción de frutos
a) de 75 a 100 = 3
b) de 50 a 74 = 2
c) de 0 a 49 % = 1
III. Producción de semillas promedio
a) de 60 a 90 = 3
b) de 30 a 60 = 2
c) de 0 a 30 = 1
IV. Porcentajes de germinación
a) de 75 a 100% = 3
b) de 50 a 74% = 2
c) de 0 a 49% = 1

Cuadro 2. Intervalos para determinar el criterio C del MER

La clasificación del cuadro 2 permitió hacer una sumatoria de valores por localidad para cada aspecto estudiado, conformando una escala de intervalos para las cuatro categorías propuestas que permiten valorar su capacidad reproductiva. Esta permite una sumatoria máxima de 12 puntos con el valor mínimo de 4 puntos. A continuación se presenta la puntuación final respecto a la escala total del MER

El MER considera tres gradaciones numéricas de capacidad reproductiva:

- 1) Capacidad alta = 3. De 0 a 4 puntos en el estudio
- 2) Capacidad media = 2. De 5-8 puntos en el estudio
- 3) Capacidad baja = 1. De 9-12 en el estudio

Este criterio considera que cada taxón tiene peculiaridades intrínsecas que contribuyen a su mayor o menor propensión al riesgo de extinción o a situaciones que suponen una amenaza por su baja capacidad de reproducción y en consecuencia de permanecer en su ambiente.

#### **D) Criterio D**

**Impacto de la actividad humana sobre el taxón.** Se refiere a la evaluación del hábitat en términos de su extensión y calidad. Esta es una evaluación relacionada con las actividades humanas. La medida refleja la cercanía o lejanía de las poblaciones vegetales respecto a las actividades humanas, así como el impacto del hombre sobre la especie y su hábitat. Esta información resolverá el criterio D del MER, el que se refiere al impacto de la actividad humana sobre el taxón.

Este criterio se refiere a posibles cambios en las condiciones naturales “originales” sufridas por el hábitat en donde se distribuye la especie, debido a factores principalmente de origen humano. El estudio se hace de acuerdo a la cercanía a los sitios donde se realizan diversas actividades. Debido a la carencia de cartografía digital actualizada de uso del suelo, se usaron cartas topográficas digitales (INEGI). Con estas se estableció la relación que las poblaciones de la especie guardan respecto a las actividades humanas que le causan impacto (vías de comunicación, agricultura, ganadería, etc.). Esto ayudó a calificar la calidad del hábitat. Se establecieron categorías independientes entre sí, cada una con un valor numérico acumulativo, de

acuerdo con su importancia/intensidad, lo cual permitió cuantificar el impacto sobre el hábitat.

La escala de valoración para resolver el criterio D se aplicó de la siguiente manera:

I. Agricultura.
a) agricultura de subsistencia = 1
b) agricultura de temporal = 2
c) agricultura extensiva = 3
d) sin agricultura, por incapacidad del suelo para sostenerla = 4
II. Pastoreo por ganado caprino
a) pastoreo extensivo = 2
b) pastoreo no extensivo = 1
III. Cercanía de vías de comunicación a la población de la especie.
a) Vereda = 1
b) terracería = 2
c) carretera = 3
d) autopista = 4
IV. Cercanía de asentamientos humanos a la población de la especie.
a) Colonia = 1
b) pueblo = 2
c) ciudad = 3
V. Evidencia de incendio
a) Reciente = 2
b) no reciente = 1

Cuadro 3. Impacto sobre la calidad del hábitat respecto a la actividad humana.

Con la información generada en relación a la calidad del hábitat se resolvió el criterio D del MER. Los intervalos quedaron de la siguiente forma: 1 a 5 puntos corresponde a la posibilidad de bajo impacto con un valor de 2. El segundo caso es de 6 a 10 puntos corresponde a impacto medio con un valor igual a 3 y; finalmente, una sumatoria de 11 a 15 puntos corresponde a un impacto alto con un valor igual a 4:

1. Alto impacto= 4
2. Impacto medio = 3
3. Bajo impacto = 2
4. Sin impacto = 1

Finalmente el MER establece los siguientes intervalos asignación de categorías de riesgo.

1. Una especie cuya suma total se sitúe entre 12 y 14 puntos, será considerada como en peligro de extinción
2. Una especie cuya suma total de puntos sea entre 10 y 11 se considerara como amenazada.
3. En caso de no obtener puntaje mayor o igual a 10, deberá argumentarse y documentarse formalmente su propuesta de inclusión a la categoría *Sujeta a protección especial (Pr)* de acuerdo con la información y los criterios especificados en los numerales 5.7 y 6 de la norma.

Una especie cuya suma total de los puntos sea igual o menor a 10 puntos podrá ser propuesta para su inclusión en alguna categoría de riesgo (sujeta a Protección especial Pr) según la Norma Oficial Mexicana 059. Previa documentación de la información generada.

## Resultados

El estudio se llevó a cabo en dos poblaciones. Una fue cerro El Gavilán, Concepción Buenavista, Oaxaca, con coordenadas 97°25'31" longitud W y 17°53'30" latitud N, a una altitud de 2198 msnm. La segunda fue Cañada Morelos, ubicada al lado izquierdo de la carretera federal rumbo a Azumbilla, con coordenadas 97°24'32" longitud W, 18° 41'56,9" latitud N, con una altitud de 2450 msnm.

### Resultados de la aplicación de los criterios del MER

#### 1. Criterio A

Evaluación geográfica preliminar de SIG. Los resultados sobre la Extensión de presencia (EOO) y área de presencia (AOO) se muestran en el cuadro 4, por su parte las figuras 3-6 muestran gráficamente los detalles de las áreas que ocupa la especie, tanto en relación al país como a la reserva. Esta evaluación preliminar determinó que *Stenocactus crispatus*, de acuerdo con su EOO podría ser considerada como EN PELIGRO y por su AOO podría ser considerada como VULNERABLE.

Extensión de la presencia. EOO
Numero de colecciones usadas = 10 en 10 localidades
EOO : 1350.39 km <sup>2</sup> EN peligro (EN)
EOO :Diametro máximo: 132.925km
AOO: tamaño de celda : 13.2925 km sq Numero de celdas :5
AOO Area :883.453 km sq - VULNERABLE (VU)
AOO: Numero de subpoblaciones (adyacencia de celdas.): 2
AOO: Indice de proximidad = 0.416706
Analisis de Rappoport: Area 3524.89 km sq
Numero de subpoblaciones: 2

Cuadro 4. Evaluación geográfica de *Stenocactus crispatus* para México.

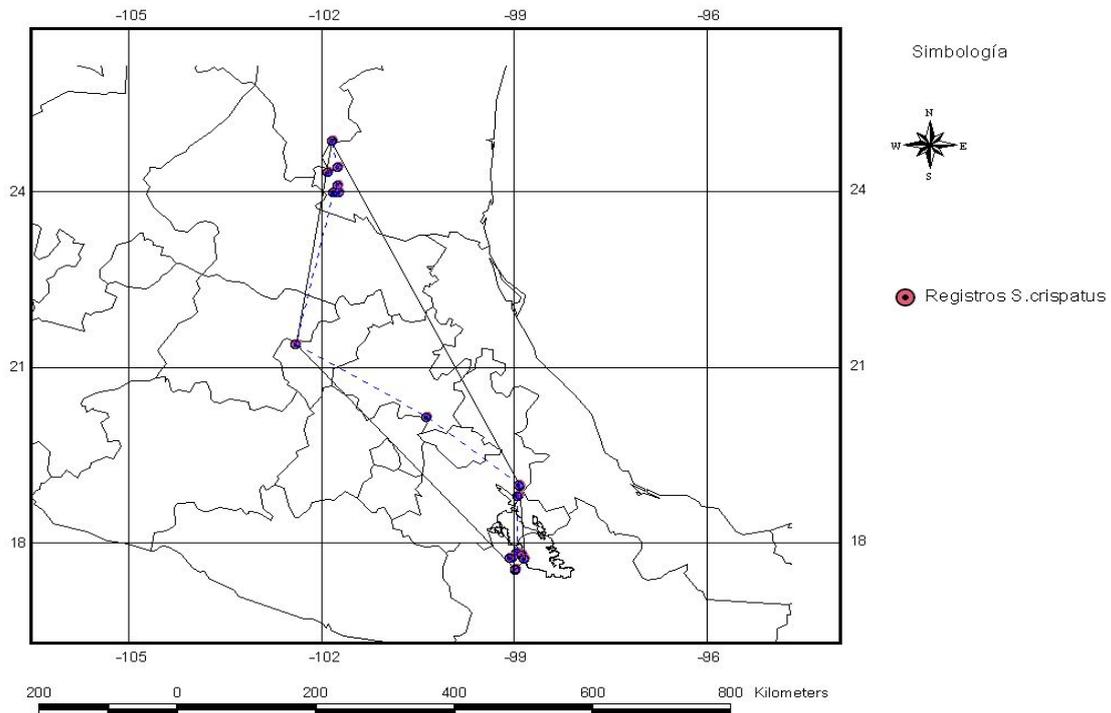


Figura 3. Evaluación de conservación con todos los registros conocidos en México.

**a) Ajuste de los datos del SIG y evaluación de conservación de *S. crispatus***

El modelo se ajusto a las condiciones reales con base en los muestreos. Se determinó que todos los individuos de la población ocupan un área 0.1 x 0.1 km por lado. Estos datos implican que las poblaciones de *Stenocactus crispatus* distribuidas en los estados de Puebla y Oaxaca se encuentran en un status de críticamente en peligro de acuerdo como lo muestra el cuadro 5. Las figuras 4-6 muestran con detalle la EOO y AOO con relación a la reserva.

Cuadro 5. Evaluación de conservación de *Stenocactus crispatus*.

Numero de colecciones usadas:	220 en 62
EOO - categoría	1359.05 Km <sup>2</sup> – En peligro (EN)
EOO diámetro máximo (Extensión de la posible presencia de la especie)	133.814 Km.
AOO tamaño de celda (área real de la presencia de la especie)	0.1 Km. Numero de celdas: 17

AOO Área - categoría	0.17 Km <sup>2</sup> – Críticamente en peligro (CR)
AOO - número de subpoblaciones (Adyacencia de celdas):	12
AOO índice de proximidad:	0.159791
Análisis de Rappoport:	Área 19.8649 km <sup>2</sup>
Número de subpoblaciones:	7

No obstante, que en este estudio se revisaron sólo dos poblaciones, se considera que debido a que se cumple con el criterio de área de ocupación estimada menor a 10 km<sup>2</sup> estas poblaciones deben ser consideradas como en peligro crítico (Ver apéndice 1). En la figura 4 se observa la distribución de *S. crispatus*, la EOO y la AOO resultantes con base en el modelo de conservación ecológica (conservation preliminary assesment). Por su parte, las figuras 5y 6 muestran dos ejemplos en detalle de las celdas que conforman la medición del área cubierta por dos de las poblaciones o subpoblaciones (AOO) de la especie bajo estudio.

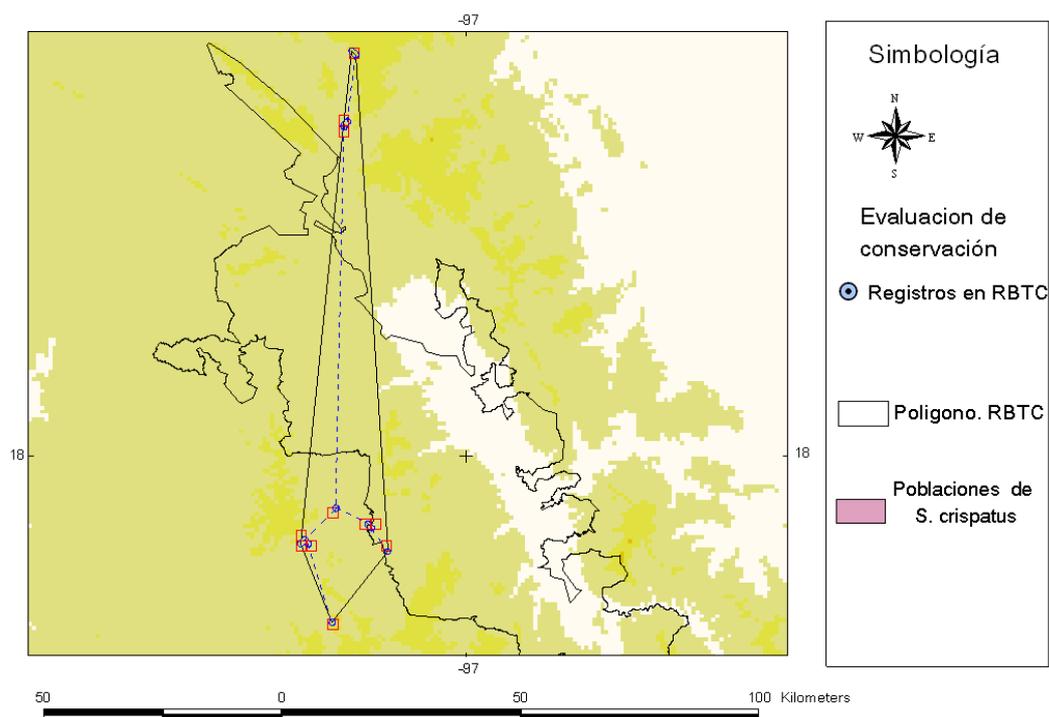


Figura 4. Modelo de evaluación de conservación de *S. crispatus*.

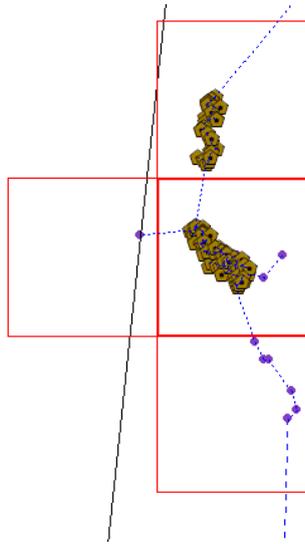


Figura 5. AOO de *S. crispatus* en Cañada Morelos ajustada a 0.1 km.

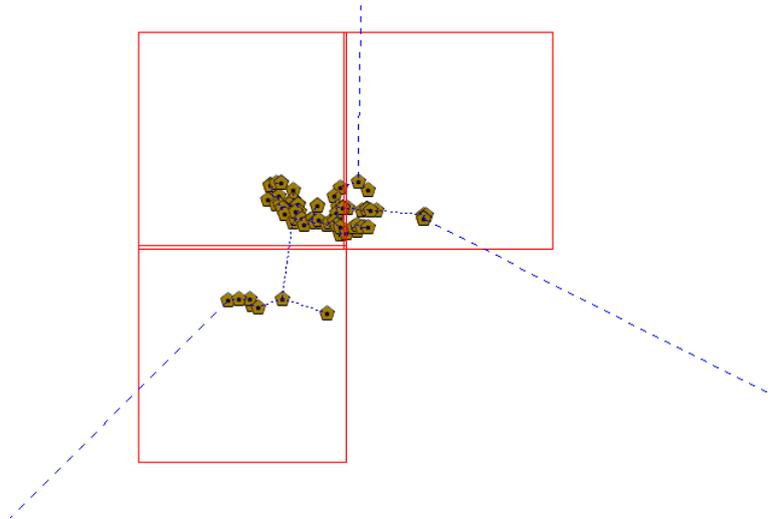


Figura 6. AOO de *S. crispatus* en Concepción Buenavista ajustada a 0.1 km.

### **b) Distribución potencial**

Dado que al inicio del proyecto solo se encontraban disponibles alrededor de 20 registros de *S. crispatus* para todos el país, la generación de modelos de distribución potencial permitieron definir la posible distribución geográfica total en México desde Tamaulipas y Querétaro hasta el VTC en Oaxaca (Hernández et al., 2004), los modelos resultantes se muestran en las figuras 7-8.

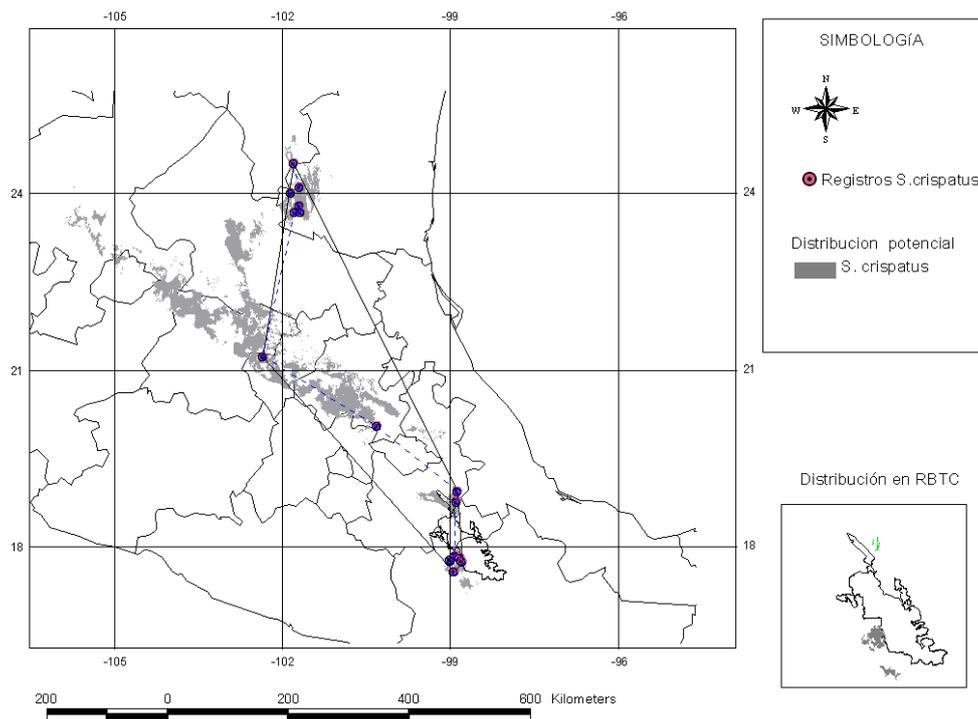


Figura 7. Áreas de distribución potencial de *S. crispatus* en México.

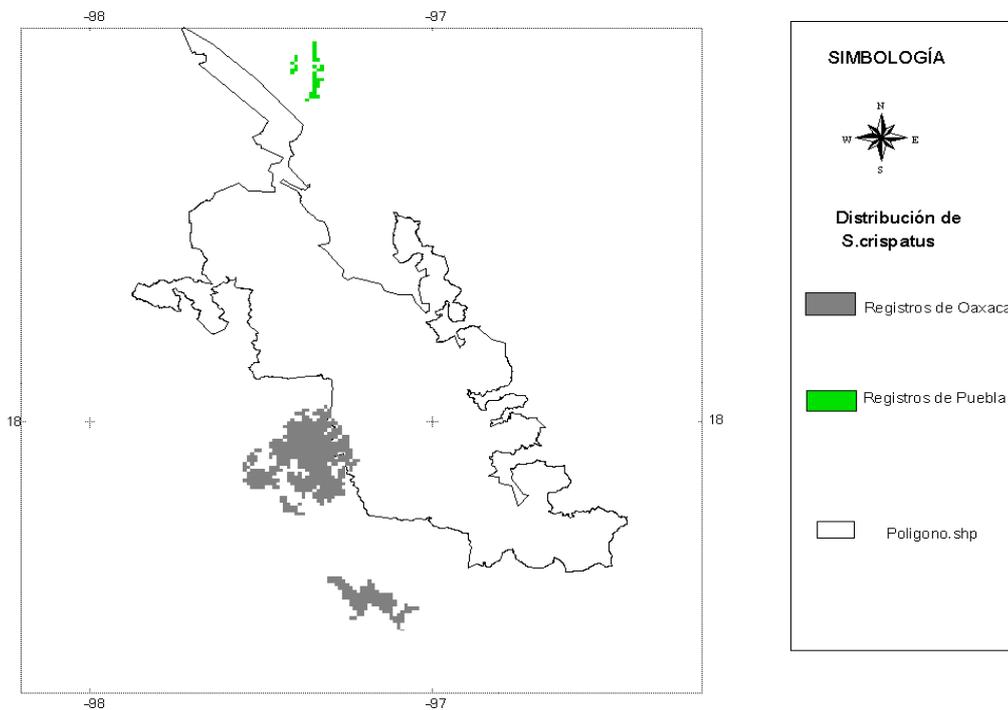


Figura 8. Distribución potencial de *S. crispatus* respecto a los límites de la RBTC.

## 2.- Criterio B

a) **Clima.** Los perfiles bioclimáticos obtenidos de la correlación entre las coordenadas geográficas donde se encuentra la especie y las coberturas climáticas permitieron determinar que las condiciones donde esta especie habita son relativamente distintas entre las poblaciones estudiadas (una versión resumida del perfil se muestra en los cuadros 6a-b). *Stenocactus crispatus* se distribuye preferencialmente en las cimas de lomeríos o montañas, en donde privan condiciones de mayor humedad, temperaturas en promedio más bajas, y fuertes vientos.

Gav	Min-Max (Prom $\pm$ d.e.)
1.	16-16.1 (16.1 $\pm$ 0.02)
2.	14.4 (14.4 $\pm$ 0.00)
3.	0.68 (0.68 $\pm$ 0.00)
4.	0.52-0.53 (0.53 $\pm$ 0.0)
5.	26.7-26.8 (26.8 $\pm$ 0.03)
6.	5.60-5.60 (5.6 $\pm$ 0.0)
7.	21.1-21.2 (21.2 $\pm$ 0.02)
8.	16.9-17.2 (17.1 $\pm$ 0.08)
9.	14.1-14.2 (14.2 $\pm$ 0.01)
10.	18-18.1 (18 $\pm$ 0.02)
11.	14 (14 $\pm$ 0.01)
12.	615-619 (617 $\pm$ 0.68)
13.	36 (36 $\pm$ 0.10)
15.	93 (93 $\pm$ 0.02)
16.	316-319 (317 $\pm$ 0.55)
18.	190-192 (191 $\pm$ 0.28)
19.	18-19 (19 $\pm$ 0.06)

CM	Min-Max (Prom $\pm$ d.e.)
1.	14.4-14.7 (14.4 $\pm$ 0.04)
2.	14.4-14.8 (14.5 $\pm$ 0.03)
3.	0.68-0.69 (0.68 $\pm$ 0.00)
4.	0.55-0.57 (0.55 $\pm$ 0.00)
5.	25.1-25.6 (25.1 $\pm$ 0.05)
6.	3.9-4 (3.9 $\pm$ 0.01)
7.	21.2-21.6 (21.3 $\pm$ 0.03)
8.	14.9-16 (14.9 $\pm$ 0.10)
9.	12.2-12.5 (12.3 $\pm$ 0.02)
10.	16.4-16.7 (16.4 $\pm$ 0.03)
11.	12.2-12.5 (12.3 $\pm$ 0.02)
12.	477-536 (529 $\pm$ 5.65)
13.	25-26 (26 $\pm$ 0.20)
15.	84-85 (85 $\pm$ 0.10)
16.	234-267 (263 $\pm$ 3.26)
18.	167-173 (171 $\pm$ 0.71)
19.	22-23 (23 $\pm$ 0.14)

Cuadros 6a-b. Perfiles bioclimáticos de El Gavilán y Cañada Morelos.

La figura 9 muestra la clasificación de las localidades/poblaciones donde habita la especie en México, basada en la semejanza de sus condiciones climáticas. Esta clasificación permitió definir que los grupos de localidades/poblaciones en México se diferencian de acuerdo con las características climáticas de cada zona donde habitan (p.e. Tamaulipas, Hidalgo o Oaxaca). En especial nos permitió identificar que las poblaciones en los estados de Puebla y Oaxaca, ocupan distintas partes dentro de un intervalo de condiciones climáticas relativamente estrecho.

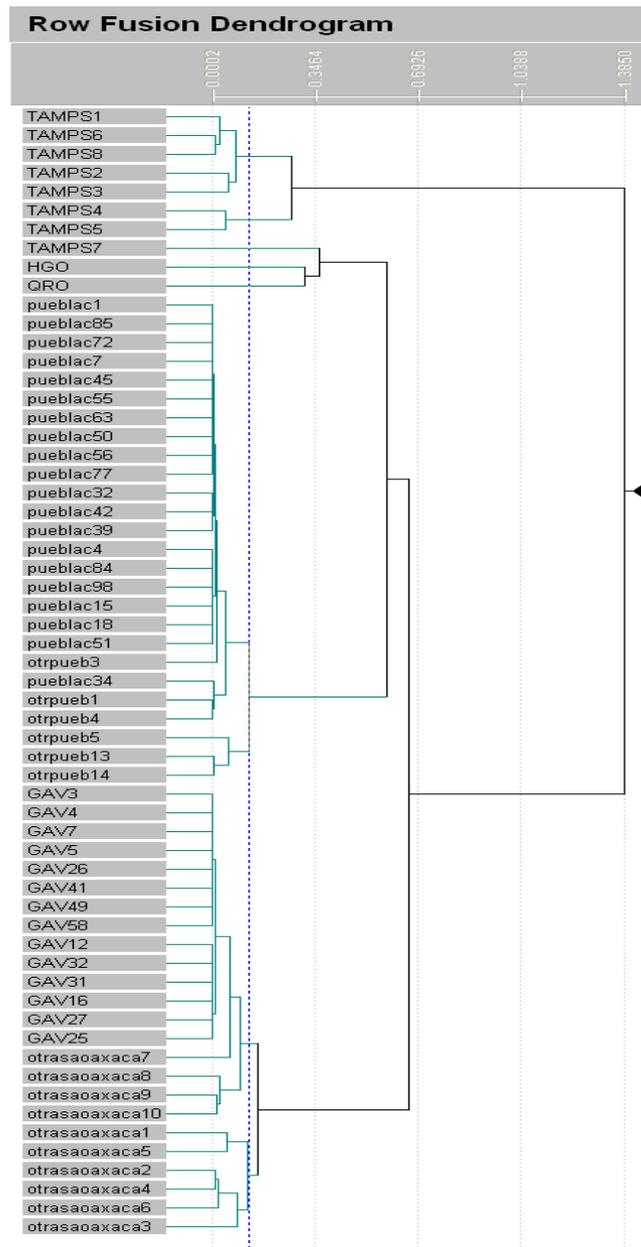


Figura 9. Clasificación de localidades de acuerdo con la semejanza climática de las localidades/poblaciones donde se distribuye *S. crispatus* de todo México.

### b) Identificación de las características del hábitat

En Cañada Morelos el sustrato es calizo y tiene un índice de 30% de pedregosidad. Está cubierto por una asociación vegetal denominada matorral xerófilo. Este matorral xerófilo está compuesto por un izotal de *Yucca periculosa*, asociada con *Dasylyrion serratifolium*, *Echinocactus platyacanthus*, *Agave potatorum*, *Ferocactus heamatacanthus*, *F. robustus*, *Mammillaria napina*, *M. sphacelata*, entre otras.

En la localidad El Gavilán, el suelo tiene un grosor de ca. 10-15 cm de profundidad, y es de color café. Sin embargo, muestra un alto índice de alteración con un alto porcentaje de pérdida de la cobertura vegetal y por consiguiente, un alto porcentaje de suelo descubierto, en donde en el 80 % de se área domina la roca madre expuesta con una posibilidad de un escenario de erosión total eventualmente (Figura 10), por lo que las condiciones en El Gavilán se consideran como muy limitantes.

La asociación vegetal que predomina es un pastizal inducido. En esta localidad aún es factible reconocer algunos de los posibles elementos de las asociaciones vegetales originales, como el bosque de *Quercus* y el matorral xerófilo. Entre las especies presentes están *Quercus deserticola*, *Agave potatorum*, *Calliandra* sp., *Dichromanthus michuacanus*, *Bletia* sp., *Dasyliirion serratifolium*, *Ferocactus recurvus*, *Ipomoea murucoides*, *Mammillaria dixanthocentron*, *M. hernandezii*, *M. mystax*, *Porophyllum lineare*, entre otras.

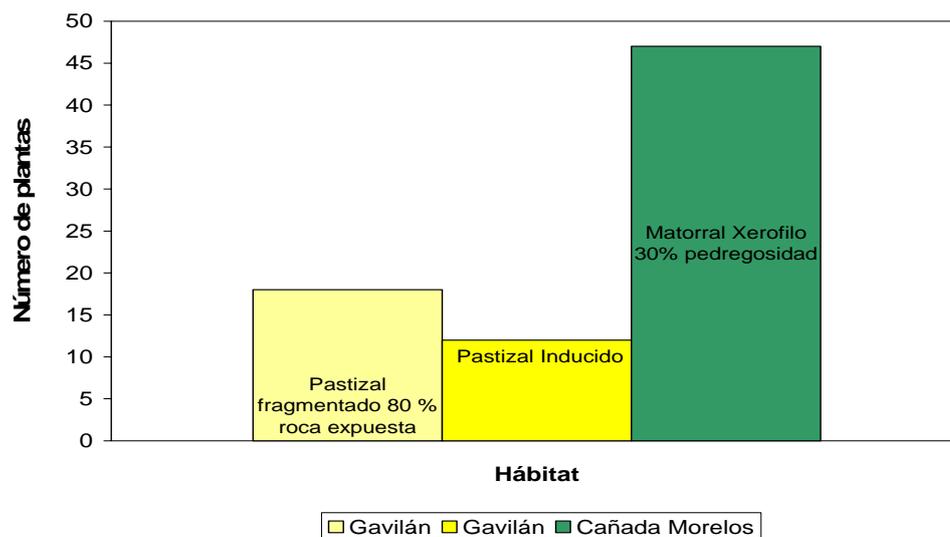


Figura 10. Tipo sustrato en las localidades estudiadas

En general, es factible señalar que estos factores han tenido distinta intensidad de impacto sobre las dos poblaciones de *S. crispatus*. No obstante que los criterios y calificaciones otorgadas a estos son cualitativos, permiten tener una referencia y establecer un contraste entre estas. Por ejemplo, las distintas vías de comunicación (terracerías, carreteras primarias y autopistas) evidentemente impactan de forma distinta sus áreas de influencia.

De igual forma ocurre cuando se considera a la agricultura o la ganadería que pueden ser casi de traspatio, de subsistencia o de forma intensiva. Desafortunadamente, lo que se registró en ambas localidades fue el estado actual en el que se encuentra el hábitat y su calidad en el sentido de la especie bajo estudio. Muchas de los factores considerados como estresantes ya no lo son. Existen zonas donde es prácticamente imposible sostener agricultura y/o ganadería debido a lo alterado del sitio. Posiblemente, la cercanía a las vías de comunicación afecta de forma continua y sistemática la calidad del hábitat. Pero en general, los sitios más afectados difícilmente podrían recuperarse para sostener poblaciones viables por largo tiempo de *S. crispatus*.

En consecuencia y después de un largo periodo de afectaciones el hábitat en la localidad de El Gavilán se considera muy limitante para la población de *Stenocactus crispatus* (3 puntos en criterio total del MER). Por su parte, en Cañada Morelos en donde las condiciones están muy lejos de ser semejantes a las de El Gavilán, los factores estresantes son pocos. El pastoreo y la agricultura de temporal empiezan a practicarse aún en forma retirada y con baja intensidad. Esto ha permitido considerar al hábitat en la población de Cañada Morelos como un poco limitante, lo cual corresponde a 4 puntos, en ambos casos de 32 posibles con valor de 1 punto en el criterio total del MER (Véase puntuación del Cuadro 3).

### **3. Criterio C**

#### **a) Estructura de tamaños**

La estructura de tamaños muestra que en ninguna de las poblaciones hubo presencia de individuos menores a 10 mm de diámetro. No obstante que esta condición fue similar en las dos poblaciones, la prueba de Kruskal-Wallis mostró que existen diferencias significativas en el tamaño promedio entre las 2 poblaciones ( $F=16.256$ ,  $G.L=122.54$ ,  $P=0.008$ ). En Cañada Morelos, existe una alta proporción de individuos mayores de 50 mm de diámetro, mientras que en El Gavilán se presenta un mayor número de individuos mayores a 80 mm de diámetro (Cuadro 7; Figura 11).

Cañada Morelos		Gavilán	
Promedio	52.11906 mm	Promedio	53.3749 mm
Desv. est.	15.53427	Desv. est.	16.03511
Error estándar	0.703203	Error estándar	1.542979

Cuadro 7. Diámetro promedio de *Stenocactus crispatus* en las dos localidades.

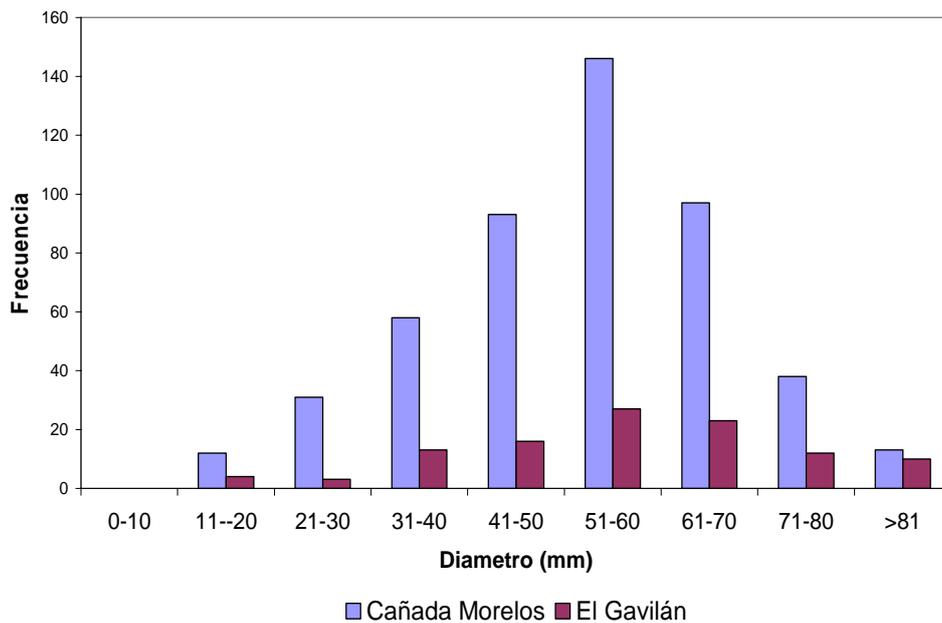


Figura 11. Tamaño promedio de las dos poblaciones de *Stenocactus crispatus*.

## b) Densidad

La densidad registrada en El Gavilán fue de 29 individuos  $\pm$  13.44/250 m<sup>2</sup>, Mientras que en Cañada Morelos fue de 125 individuos  $\pm$  53.86/250 m<sup>2</sup>. El total de individuos registrados en los 4 cuadrantes en el cerro Gavilán fue de 116 individuos, mientras que en Cañada Morelos fue de 500 individuos.

## c) Fenología reproductiva

Los primeros registros florales (botón floral) aparecieron en diciembre y principios de enero, cuando se observaron pequeños círculos rojos sobre la zona apical. Numerosas flores de *S. crispatus* no fueron polinizadas, por lo que se observó un importante

número de flores secas. El número de flores secas fue mayor en Cañada Morelos que en El Gavilán también se observó una alta producción de frutos durante el mes de abril. La floración y fructificación en las dos poblaciones no fue sincrónica. La cantidad de flores y frutos fue marcadamente diferente. En Cañada Morelos se contabilizaron 216 flores y 158 frutos provenientes de un total de 500 individuos. Por su parte, en El Gavilán se contabilizaron 96 flores y 33 frutos provenientes de 116 individuos.

#### d) Semillas por fruto

Hubo diferencias significativas en el número promedio de semillas producidas por fruto entre El Gavilán y Cañada Morelos a partir de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. ( $Z=1.895$ , g.l.15, 23,  $p=0.02$ ) (Figura 12).

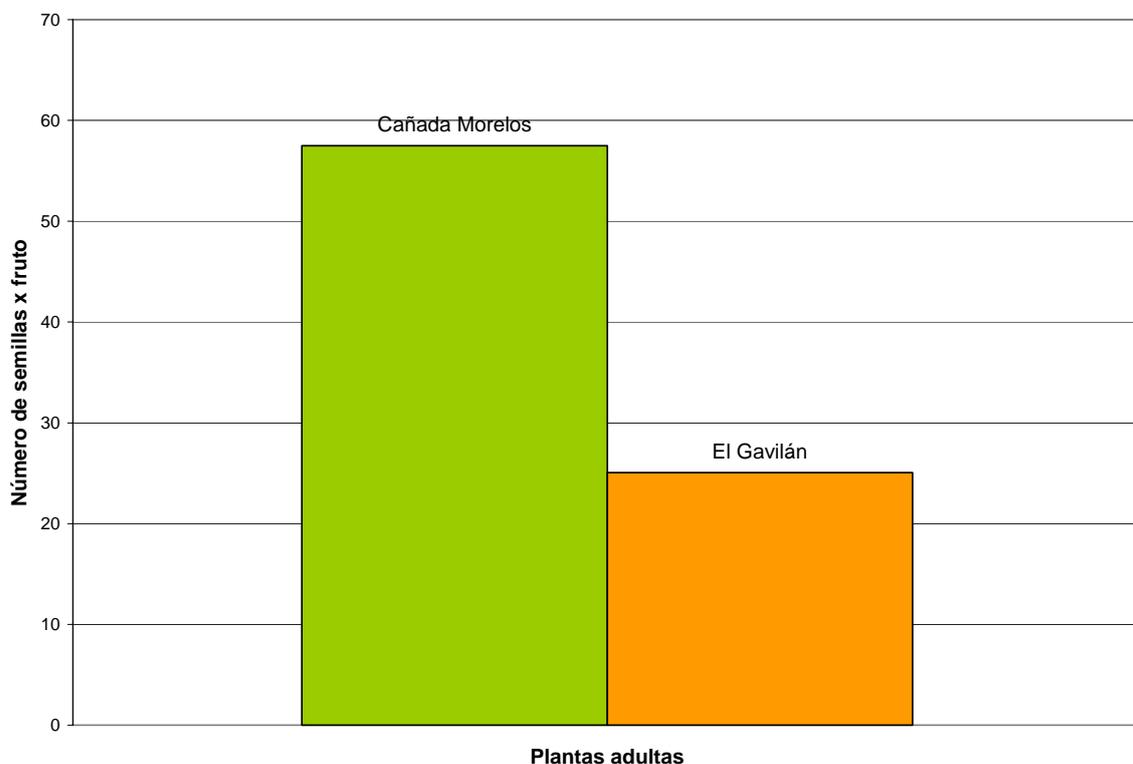


Figura 12. Número de semillas por fruto de las dos poblaciones de *S. crispatus*.

#### e) Germinación

La germinación inició al quinto día del experimento y terminó el día 14, cuando ya no hubo más plántulas de ambas localidades. Los porcentajes de germinación fueron relativamente bajos en ambas localidades.

En Cañada Morelos fue del 38% y en El Gavilán 29%. El número total de semillas germinadas no tuvo diferencias significativas en ambas localidades ( $\chi^2=0.443$ , g.l.=1,  $p=0.506$ ). Las figura 13 muestran el promedio de semillas germinadas.

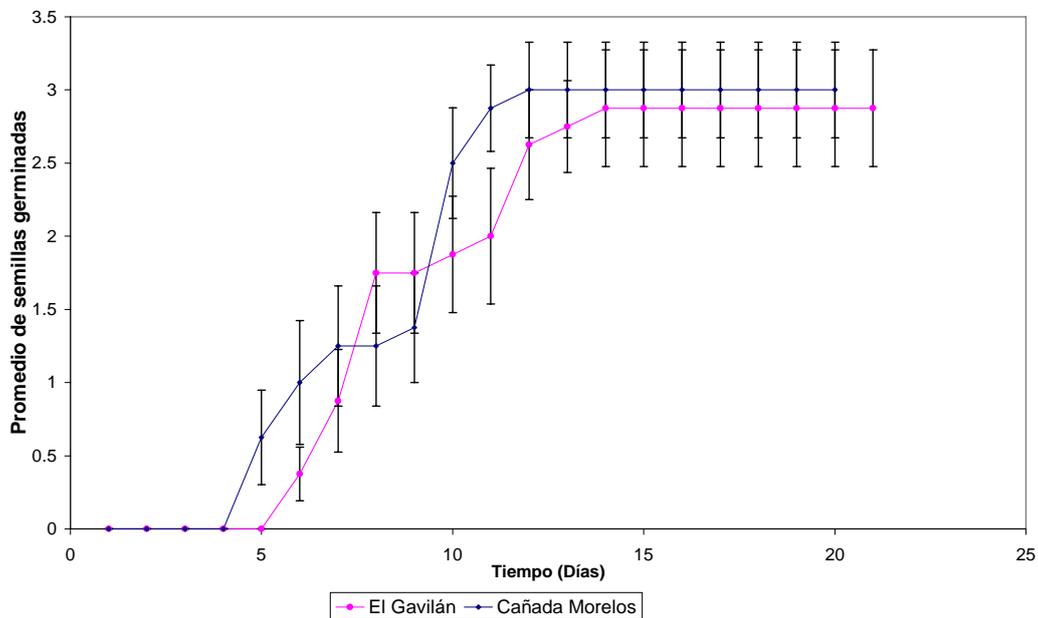


Figura 13. Promedio de semillas germinadas de *Stenocactus crispatus*

En el cuadro 8, se muestra la valoración de cada uno de los elementos considerados como parte del criterio C del MER, en donde se evalúa la capacidad reproductiva de *Stenocactus crispatus*. La puntuación final para Cañada Morelos coincide con el intervalo propuesto de 6 puntos, que corresponde a una vulnerabilidad biológica intrínseca media, mientras que El Gavilán tiene 4 puntos, lo cual apunta hacia una vulnerabilidad alta (Véase Cuadro 2). Estas calificaciones previas permiten asignar, de acuerdo con las propuestas del MER, el valor final de 2 para Cañada Morelos, mientras que para El Gavilán se tiene una calificación de 3.

Localidades	Criterio C del MER	Categoría y clase	Valor de la clase	Valor total que obtuvo la población
Cerro "El Gavilán"	Producción de flores	I, clase b	1	4
	Producción de frutos	II, clase c	1	
	Producción de semillas x fruto ( promedio)	III, clase c	1	
	Porcentaje de germinación	IV, clase c	1	
Cañada Morelos	Producción de flores %.	I, clase c	2	6
	Producción de frutos	II, clase c	1	
	Producción de semillas x fruto (Promedio)	III, clase b	2	
	Porcentajes de germinación	IV, clase c	1	

Cuadro 8. Valores asignados respecto al criterio C del MER y su puntuación total.

#### 4.- Criterio D

##### Actividades humanas que impactan las poblaciones

Con base en las observaciones hechas en campo se encontró que existen distintas actividades humanas que podrían estar afectando el hábitat de *Stenocactus crispatus* en las poblaciones estudiadas. En el caso de Cañada Morelos está a escasos 300 m de la carretera federal que lleva al poblado del mismo nombre, la figura 14 es una panorámica de la apertura de terrenos para la agricultura para el cultivo de maíz y trigo. La distribución de la especie se contrasto sobre la carta topográfica de INEGI 1:250000 con ayuda del SIG (Figura 15), que permitió identificar otras fuentes de impacto humanas sobre las poblaciones naturales. Entre estos destacan las vías de comunicación (carreteras primarias y secundarias, líneas de ferrocarril, núcleos humanos (villas, pueblos y ciudades).



Figura 14. Vista de Cañada Morelos, Puebla en donde habita *S. crispatus* y al fondo se aprecian.

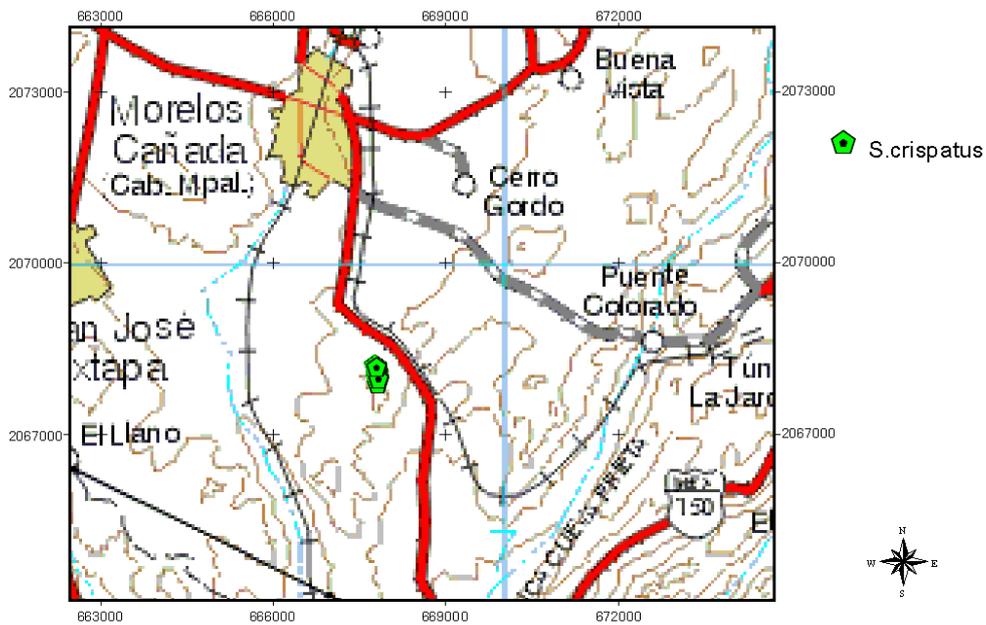


Figura 15. Localidad Cañada Morelos con relación a distintos factores de impacto.

Por su parte, cerca de El Gavilán se aprecian carreteras y terracerías a menos de 500 m, así como otros poblados importantes a  $\pm 2$  km (Figuras 16-17), mismas que fueron identificadas en la sobreposición con la carta topográfica de INEGI 1:250000 (Figura 18), lo que permitió considerar que existe una calidad de hábitat baja.



Figura. 16. Hábitat en “Cerro El Gavilán”, Concepción, Oaxaca.



Figura. 17. Hábitat en “Cerro El Gavilán”, Concepción, Oaxaca.

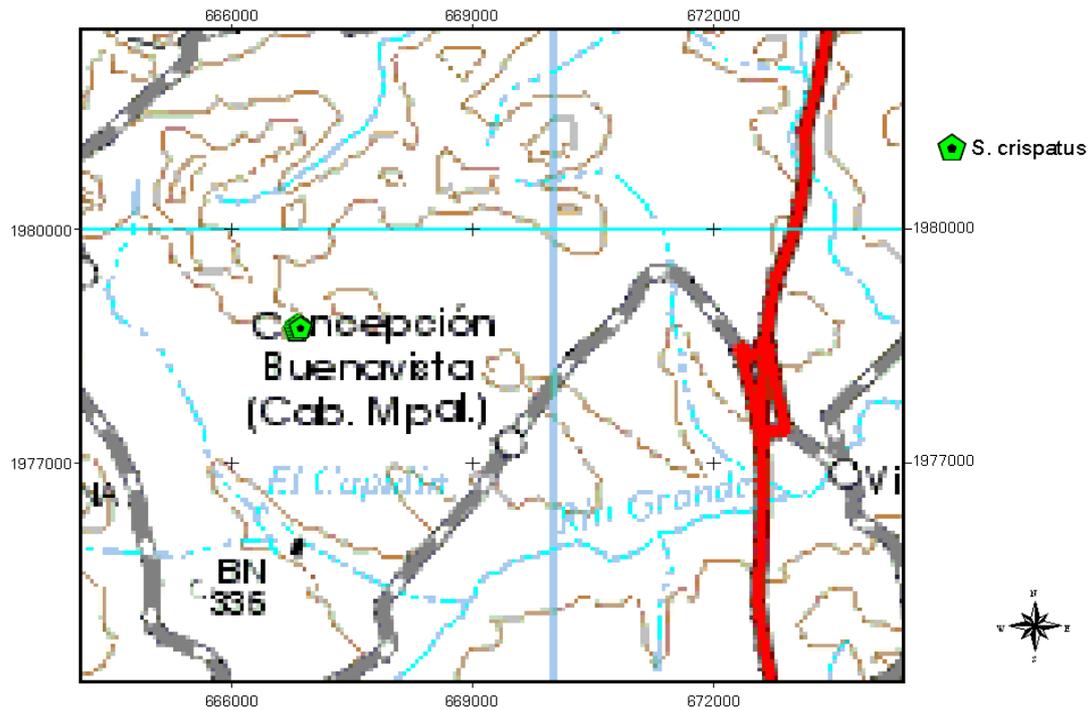


Figura 18. Área  $\pm$  2 Km. de Concepción, Buenavista, Oaxaca.

En consecuencia con base en la información obtenida fue posible determinar que el sitio del El Gavilán presenta un mayor índice de pedregosidad debido a una fuerte alteración de la cubierta vegetal original; incluso fue posible evaluar de forma cualitativa la fragmentación existente en el pastizal inducido en esa localidad Concepción Buenavista. (Figura 19).

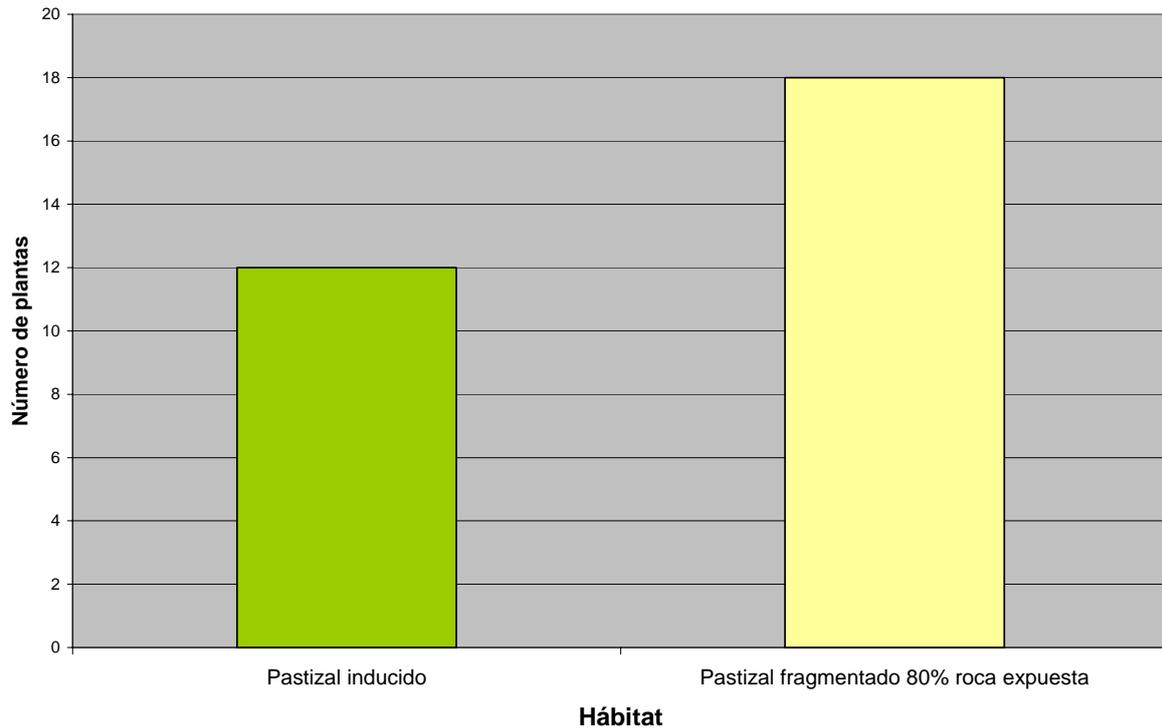


Figura 19. Tipo de hábitat en Concepción, Buenavista

Utilizando esta información generada para la calidad del hábitat se pudo resolver el criterio D del MER Cuadro 9.

En Cañada Morelos los factores limitantes aún no son directamente impactantes. No obstante, se pueden considerar que las actividades tales como el pastoreo y la agricultura. Son importantes aun en sitios abandonados. Sin embargo, las condiciones imperantes en esta localidad son menos severas que las de El Gavilán.

Calificando el criterio D, los datos generados nos permiten señalar que El Gavilán es la zona menos propicia para la permanencia de *Stenocactus* con una calificación de intensidad de los impactos de 4 puntos. Por su parte Cañada Morelos se considera como más propicia por una sumatoria de puntos menor que es de 2. Finalmente, Cañada Morelos sumando un total de 7 puntos y por su parte el cerro El Gavilán con una sumatoria final de 11 puntos. (Véase criterio D), de acuerdo con los intervalos del MER para asignar categorías de riesgo (ver discusión). Discrepancia que no permite calificar a la especie en una categoría de riesgo.

Cuadro 9. Actividades humanas que impactan las poblaciones y valores asignados a cada una de ellas (Criterios B y D del MER).

<b>Localidades</b>	<b>Actividades relacionadas con labores humanas</b>	<b>Categoría y clase</b>	<b>Valor de la clase</b>	<b>Valor total por población</b>
Cerro "El Gavilán"	No agricultura por incapacidad del suelo para sostenerla	I, clase a	4	11
	Pastoreo por cabras	II, clase a	3	
	Cercanía a vías de comunicación (terracería)	III, clase b	2	
	Cercanía a asentamientos humanos	IV, clase b	2	
Cañada Morelos	Agricultura de temporal	I, clase c	1	4
	Pastoreo por cabras	II, clase a	1	
	Carretera federal a 250 m	III, clase c	1	
	Cercanía a asentamientos humanos	IV, clase	1	

## Integración criterios del MER

Cuadro 10. Muestra la integración de los cuatro criterios del MER, para todas las variables analizadas.

Criterio del MER	Información generada para cada criterio	Valor dentro del criterio del MER	
		Cañada Morelos	El Gavilán
<b>A</b> Amplitud del taxón	-Evaluación geográfica de conservación  -Mapa de distribución conocida	2	2
<b>B</b> Estado del hábitat respecto al desarrollo natural del taxón	-Calidad del hábitat respecto a las actividades humanas  - Especificidad del hábitat  -Densidad	1 Hábitat propicio	3 Hábitat muy limitante
<b>C</b> Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón	-Eficiencia reproductiva	2 Vulnerabilidad baja (Cañada Morelos)	3 vulnerabilidad alta (Gavilán)
<b>D</b> Impacto de la actividad humana sobre el taxón	-Calidad del hábitat respecto a las actividades humanas	2 Impacto bajo	4 Impacto Alto

Total = 7-12 puntos del criterio total del MER.

La sumatoria distinta obtenida como producto de la evaluación del estado de conservación de *Stenocactus crispatus* por medio del MER, que permite referirla como una especie vulnerable o amenazada en una de las localidades estudiadas, con altas posibilidades de sufrir eventos de extinción locales, pero por el contrario en la segunda de las poblaciones podría considerar sin problemas hasta el momento (con preocupación menor).

## Discusión

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, e incluso el cambio climático afectan a la diversidad biológica en general. Dentro de la reserva de Tehuacan-Cuicatlán, uno de los grupos biológicos más amenazado por este tipo de evento es la familia Cactaceae. En especial este grupo requiere de atención especial, debido a que varias de sus especies poseen, poblaciones pequeñas, con tasas de crecimiento lento, con ciclos de vida muy largos y con distribución restringida; además estas especies están expuestas al comercio ilegal y a los constantes cambios en el uso del suelo.

Los métodos para evaluar el estado de conservación de estas especies, incorporando información geográfica, ecológica e incluso acerca de las actividades humanas que las impactan, permiten tener un panorama global de los eventos que afectan a las especies y su posible capacidad de respuesta a estos. Estos métodos que siguen los criterios del MER han permitido valorar de forma cuantitativa y cualitativa, cada uno de los parámetros considerados para establecer el estado de conservación de *Stenocactus crispatus*.

Aunque esta especie tiene una amplia distribución, ya que se conoce desde el estado de Tamaulipas hasta el estado de Oaxaca, muchas de sus poblaciones no se encuentran protegidas por las ANPs o no están consideradas en el sistema de RTPs (CONABIO, 2000). No obstante, su amplia distribución, el conocimiento de esta especie es muy fragmentario, ya que sólo se conocen menos de 10 localidades/poblaciones.

La identificación de las características del hábitat donde *Stenocactus crispatus* se establece, ha permitido definir que esta se encuentra en condiciones consideradas de alta especificidad, en sitios húmedos y expuestos al viento y donde prevalecen temperaturas menores al promedio registrado para otros sitios donde se establecen la mayoría de las especies de Cactaceae en la reserva. En el caso de *Stenocactus crispatus*, López (2007) reporta que la germinación de las semillas y el establecimiento

de las plántulas ocurre con mayor frecuencia a la sombra de las plantas nodrizas o de las rocas. Aunque hay una carencia de un sustrato desarrollado, existe un alto grado de pedregosidad que 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).

La densidad fue otro parámetro crítico para definir el estado en que se encuentran las poblaciones de las especies. Los resultados sobre la densidad poblacional obtenidos para *Stenocactus crispatus* son muy similares a los reportados para *Neolloydia pseudopectinata* (Martínez-Avalos et al., 1994) y *Ariocarpus trigonus* (Martínez-Avalos et al., 1993). De igual forma, la estructura de tamaños registrada indica que las dos poblaciones estudiadas de *Stenocactus crispatus* presentan una alta proporción de individuos jóvenes, en otras palabras, una estructura estable en la mayoría de las clases de tamaño.

Desafortunadamente, no fue posible observar los vectores dispersores de *Stenocactus crispatus*, sin embargo la presencia una baya con fruto con color rojo y mesocarpo jugoso y dulce, llevan a asumir un mecanismo de dispersión zoócora.

Finalmente, las pruebas de germinación en condiciones controladas indicaron que las semillas de *Stenocactus crispatus* no requieren de ningún tipo de escarificación, lo que concuerda con lo registrado para otras cactáceas globosas (Godínez-Álvarez & Valiente-Banuet, 1998). Aunque la germinación ocurrió rápidamente (en los primeros 5 días), sin necesidad de ningún tratamiento sobre las semillas, excepto suficiente humedad, su porcentaje fue (40%). Estos parámetros habrían de evaluarse en condiciones de campo para realmente conocer el comportamiento germinativo y de establecimiento de la especie. Si eso ocurre también en campo y si el establecimiento en campo también es adecuado.

Finalmente, los resultados obtenidos señalan que la calidad del hábitat donde están las poblaciones de *S. crispatus* está fuertemente impactada. Entre los factores principales que afectan la demografía de esta especie esta la corta distancia respecto a las vías de comunicación secundarias, como terracerías y a los asentamientos humanos. Otros

autores, como López (2007), reportan además que la desaparición de *Stenocactus crispatus* está asociada al pisoteo por el ganado, situación que ocurre frecuentemente en cactáceas de talla pequeña (Huerta & Escobar, 1998).

No obstante, haber estudiado sólo dos poblaciones los resultados podrían ser aplicados a la especie en su totalidad, ya que la mayoría de las localidades conocidas no se encuentran dentro de las ANPs. Estas otras poblaciones podrían estar sufriendo presiones similares a las que sufren en los estados de Puebla y Oaxaca aquí estudiadas. En caso de ser esta la situación, podría considerarse a la especie como amenazada. De no ser así, se podría considerar que sólo las poblaciones en la RBTC podrían estar sujetas a eventos de extinción locales.

Los resultados muestran que desafortunadamente, la especificidad de hábitat relativamente alta de la especie, su baja tasa de germinación, su 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 están o estarán eventualmente impactando su intervalo de distribución. Aunque el estudio de solo dos poblaciones muestra una importante disparidad entre ambas localidades que no permite de forma contundente definir si la especie se puede considerar como amenazada o en la categoría de preocupación menor, solo refleja que así como algunas poblaciones podrían estar expuestas a numerosos factores estresantes, otras podrían no estarlo.

Este estudio es un claro ejemplo, de la situación que podría sufrir cualquier especie a través de toda la distribución de las poblaciones que la componen. Es evidente que en las distintas áreas donde se pudiera encontrar, cualquier especie sufre el impacto de los distintos eventos naturales y humanos de forma diferencial. Esto lleva a considerar que para proponer el estatus de conservación de cualquier especie será necesario hacer una selección cuidadosa de las poblaciones a estudiar, y posiblemente una evaluación de un número representativo de poblaciones en cada caso.

Por tanto, se concluye que *Stenocactus crispatus* 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 entre los estados de

Tamaulipas y Oaxaca, ya que muchas de las localidades conocidas están fuera de los límites de las ANPs, asumiendo que los factores estresantes son ocurren de manera similar a como han sido descrito en este estudio.

Estas aseveraciones anteriores llevan a considerar que lo que le ocurre a las poblaciones debería ser considerado como la punta de lanza en las evaluaciones de conservación y no la especie en su totalidad. Si bien una especie podría tener amplia distribución y por lo mismo considerarla de preocupación menor, no así sus poblaciones las cuales quizá podrían estar sufriendo numerosos eventos impactantes incluyendo desde la depauperación de su calidad de hábitat y de su riqueza y diversidad genética, hasta eventos de extinción locales.

En este sentido es importante intensificar los esfuerzos para profundizar en el entendimiento de la dinámica poblacional de las especies, como *Stenocactus crispatus*, para conocer en detalle sus interacciones bióticas, tales como la polinización y dispersión de semillas, la predación de semillas, los distintos eventos de herbivoría, y de competencia, con el fin de desarrollar estrategias para preservar la diversidad de esta familia, tal y como lo sugieren diversos autores (Godínez-Álvarez & Valiente-Banuet, 2002).

## **Conclusión**

Finalmente, este tipo de estudios en los que se conjugan diversos juegos de datos, y distintos elementos de análisis, y que se apegan a la normatividad existente, permiten definir rápidamente de forma robusta y confiable el estado de conservación de una determinada especie. Este y otros estudios (Gutiérrez, 2007) han demostrado que los métodos utilizados en este trabajo son herramientas expeditas que ayudan en la valoración del estado de conservación de una especie, brindando la posibilidad de proponer medidas para su posible inclusión en las normas oficiales y su consiguiente protección. Sin embargo, algo que no debe dejar de contemplarse, son las diferencias que existen entre las distintas propuestas para evaluar a las especies. Este sería el caso de los métodos propuestos por la IUCN y aquellos propuestos en el MER. No obstante el MER surge de la propuesta de la IUCN, como una forma más expedita y menos complicada y compleja para evaluar rápidamente a las especies, estos no son totalmente equivalentes. Por lo que las categorías a las que se pudieran acceder en cada caso no aplicarían igualmente.

## Bibliografía

- Alcasio, R.S. 2007. El valor de las especies endémicas y raras como un sustituto de la biodiversidad: estudio de caso en la reserva de la biosfera Tehuacan-Cuicatlán. Tesis de licenciatura. FES Iztacala, UNAM, México. 42 pp.
- Alvarez, E.R. 2003. Aspectos demográficos de *Strombocactus disciformis* y *Turbinicarpus pseudomacrole* (Cactaceae): una contribución al conocimiento de su estado actual de conservación. Tesis de licenciatura., FES Iztacala, UNAM, México. 45pp.
- Arias, M.S., J.S. Gama & U. Guzmán.1997. Cactaceae. Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Fascículo 14. Instituto de Biología. UNAM. 146 pp.
- Arriaga, L., M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez. & E. Loa. (Coordinadores) 2000. Regiones Terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Becerra, R. 2000. Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. Biodiversitas año 6, 32: 2-5.
- Bravo, H.H. & H. Sánchez- Mejorada. 1991. Las Cactáceas de México. Volumen II. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México; México D.F.
- CONABIO. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO, México.
- Contreras, C. & T. Valverde-Valdez. 2002. Evaluation of the conservation status of a rare cactus (*Mammillaria crucigera*) through the analysis of its population dynamics. Journal of arid environments 51: 89-102.
- Dávila, A.P., J.L. Villaseñor, R. Medina, R.A. Ramírez, T.A. Salinas, J. Sánchez-Ken, & L.P. Tenorio 1993. Listados florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. México: Instituto de Biología, UNAM.

- ESRI (Environmental Research Institute) 2000. ArcView 3.2. Redlands, California.
- Fuentes-Aguilar, R.B. Jr. 1970. Metodología para el análisis geográfico de la zona de San Juan Raya. Boletín Instituto de Geografía. UNAM, México 4: 324-368.
- García-Mendoza, A.J., M.J. Ordoñez & M. Briones-Salas (eds). 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología. UNAM. México. 605 pp.
- Godert, W.J. Van Lynden & S. Mantel 2001. The role of GIS and remote sensing in land degradation assessment and conservation mapping: some user experiences and expectations. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 3(1): 61-68.
- Godínez-Álvarez. 2002. Evaluación de dos cactáceas mexicanas incluidas en el apéndice 1 de CITES. [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
- Godínez-Álvarez, H. & A. Valiente-Banuet 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. Journal of Arid Environments 39: 21-31.
- Godínez-Álvarez, H., A. Valiente-Banuet & A. Rojas-Martínez 2002. The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. Ecology 83: 2617-2629.
- Godínez-Álvarez, H., T. Valverde & P. Ortega-Báez. 2003. Demographic trends in the cactaceae. The Botanical review 69(2): 173-203.
- Gutiérrez, G.K. 2007. Evaluaciones preliminares de conservación: estudio de caso de *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dick) Bravo (Cactaceae) Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM, México. 63 pp.

- Guzmán, L.U., M.S. Arias & P. Dávila-Aranda 2003. Catalogo de cactáceas mexicanas. UNAM, CONABIO. México, D.F. 215 pp.
- Hernández, H.M. & H. Godínez A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.
- Hernández, H.M., C. Gómez-Hinostrosa & B. Goettsch-Cabello. 2004. Cactáceas. En: García-Mendoza, A. J., M.J. Ordoñez & M. Briones-Salas (Eds) 2004. Biodiversidad de Oaxaca. 1ª Edición. Instituto de Biología. UNAM. México. 605 pp.
- Houlder, D.J., M. F. Hutchinson, H.A. Nix, J.P. McMahon. 2000. ANUCLIM 5.1. User guide. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Canberra.
- Huerta-Martínez, F.M. & 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
- Huerta, F. & V. Escobar. 1998. Estatus ecológico actual de *Ferocactus histrix* (DC.) Lindsay en los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 43(3): 57-64
- IUCN. 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. 33 pp.
- Kearney, M. & W. P. Porter. 2004. Mapping the fundamental niche: physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. *Ecology* 85(11): 3119-3131.
- López F., D. 2007. Dinámica poblacional de *Stenocactus crispatus* en Los Ángeles Tetela, Puebla. Tesis profesional. Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. 68 pp.

- Martínez–Avalos, J.G., H. Suzan-Azpiri & C. Salazar-Olivo 1993. Aspectos ecológicos y demográficos de *Ariocarpus trigonus* (Weber) Schumann. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 38: 30-38
- Martínez–Avalos, J.G., H. Suzan-Azpiri & C. Salazar-Olivo 1994. Aspectos ecológicos y demográficos de *Neolloydia pseudopectinata* (Backberger) E.F Anderson. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 39: 27-33.
- Méndez–Larios, I., E. Ortiz & J.L. Villaseñor. 2004. Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del valle Tehuacán-Cuicatlán, México. *Anales del Instituto de Biología. UNAM, Serie Botánica* 75(1): 87-104.
- Nava, M. 1965. El ex distrito de Tehuacán. Publicaciones. Instituto de Geografía. UNAM. 1: 159-162.
- Nix, H.A. 1986. A biogeographic analysis of the Australian elapid snakes. In: R. Longmore (ed.) *Atlas of elapid snakes. Australian Flora and Fauna Series* 7: 4-15.
- Ochoa, T.V. 2001. Geomorfología, clima y vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán Puebla-Oaxaca. México. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Peters, R.E. & D.C. Martorell. 2000. Conocimiento y conservación de las mamilarias endémicas del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Reporte de CONABIO.
- Peters, E.M., C. Martorell & E. Ezcurra 2008. Nurse rocks are more important than nurse plants in the determining the distribution and establishment of globose cacto (*Mammillaria*) in the Tehuacan valley, Mexico. *Journal of arid environments* 72: 593-601.
- Rosas, R.I. 2007. Dominios bioclimáticos de las especies de árboles de la reserva de la biosfera Tehuacan-Cuicatlán por medio del modelaje bioclimatico, con el fin de realizar estudios biogeográficos que permitan proponer estrategias para su conservación. Tesis de Maestría, FES Iztacala, UNAM, México. 63pp.

Siegel, S. 1982. Estadística no paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta. Ed. Trillas. Mexico.

Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1995. Biometry. 3rd edition. Mc Graw-Hill, US.

Téllez-Valdés, O. & 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.

Valiente, B.A., A. Casas, A. Alcantara, P. Davila, H.N. Flores, C.M. Arizmendi, J. Villaseñor & R.J. Ortega 2000. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Boletín Sociedad Botánica de México 67: 24-74.

Valiente-Banuet, A. & E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. Journal of Ecology 79: 961–971.

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

Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. Interciencia 28(3): 160-166.

Zavala, H.A. & P.L. Valverde. 2003. Habitat restriction in *Mammillaria pectinifera*, a threatened endemic Mexican cactus. Journal of Vegetation Science 14: 891-898

Zavala, H.A. 1997. Estatus ecológicos de *Mamillaria pectinifera* Weber y *Pachycereus fulviceps* Weber en el valle de Zapotitlán, Puebla. Reporte de proyecto CONABIO.

<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/342/determina.html>

# Apéndice 1

## Categorías de la UICN

Ya que el MER está sustentado por la propuesta hecha por la IUCN, Es importante referir las categorías que esta considera (IUCN, 2001).

### Extinto (EX)

Un taxón se considera extinto cuando no cabe duda razonable que el último individuo existente ha desaparecido. Se presume que un taxón esta Extinto cuando prospecciones exhaustivas de su hábitat, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área desde la distribución histórica, no ha podido detectar un solo individuo.

### En Peligro Crítico (CR)

Un taxón se considera en Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para En Peligro Crítico (ver Sección V) y, por consiguiente, está enfrentando un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.

### En Peligro (EN)

Un taxón se considera en Peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para En Peligro, por consiguiente, está enfrentando un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.

### Vulnerable (VU)

Un taxón se considera Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para Vulnerable (ver Sección V) y, por consiguiente, está enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre.

### Casi Amenazado (NT)

Un taxón se considera Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para en Peligro Crítico, en Peligro o Vulnerable; pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano.

### Preocupación Menor (LC)

Un taxón se considera de Preocupación Menor cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.

### Datos Insuficientes (DD)

Un taxón se incluye en la categoría de Datos Insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población.