



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores
Iztacala

“Evaluaciones preliminares de conservación: estudio de
caso de *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dyck) Bravo
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

KARLA GUTIÉRREZ GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Oswaldo Téllez Valdés

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2007



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.

*A mi madre por todo el cariño, el apoyo y por enseñarme a lograr las cosas,
a mis hermanos Eric, César, Lorena y Karina, y a mi Diego, los quiero mucho!*

*A José Luis por estar a mi lado, comprenderme, apoyarme académicamente
y por todo el amor.*

*A Oswaldo por creer en mí, compartirme sus conocimientos
y brindarme su amistad.*

*A mis cuates: el buen Robert, Erick, Jaimito, Jorge, Ivan, Richis, Irvis,
Mayeli, Mónica, Ana, Violeta, Marcela.*

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos PAPIIT 212407; PAPIIT IN 224505; PAPCA Fes Iztacala 2003; CONABIO BK 029 y a la compañía 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 Michael Way de los Royal Botanic Gardens Kew por apoyarme para realización del trabajo en campo.

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

Dr. Rafael Lira Saade

Dr. Hector Godínez Alvarez

Dr. Oswaldo Téllez Valdés

M. en C. Mayra M. Hernández Moreno

Biol. María Edith López Villafranco

A Irving Rosas, Manuel Ayala y Carmen Castillo por su apoyo en el campo.

CONTENIDO

1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCION	6
3. ANTECEDENTES	12
4. OBJETIVOS	15
4.1 OBJETIVO GENERAL	
4.2 OBJETIVOS PARTICULARES	
5. MATERIAL Y METODOS	16
5.1 METODO DE EVALUACION DE LAS ESPECIES EN RIESGO DE EXTINCION (MER)	
5.2 ANALISIS GEOGRAFICO.....	19
5.2.1 EVALUACION GEOGRAFICA DE CONSERVACION	
5.3 ANALISIS ECOLOGICO.....	22
5.3.1 ESTADO DEL HABITAT DE <i>Ferocactus haematacanthus</i>	
5.3.2 EFICIENCIA REPRODUCTIVA	
6. DESCRIPCION DE LOS RESULTADOS	30
6.1 ANALISIS GEOGRAFICO	
6.1.1 DISTRIBUCION DE <i>Ferocactus haematacanthus</i>	
6.1.2 DESCRIPCION DE LAS LOCALIDADES	
6.1.3 EVALUACION GEOGRAFICA DE CONSERVACION.....	33
6.2 ANALISIS ECOLOGICO.....	36
6.2.1 ESTADO DEL HABITAT DE <i>Ferocactus haematacanthus</i>	
6.2.2 EFICIENCIA REPRODUCTIVA	
6.3 INTEGRACION DE LOS CRITERIOS DEL MER.....	52
6.4 ESPECIES ASOCIADAS A <i>Ferocactus haematacanthus</i>	53
7. DISCUSIÓN	55
8. CONCLUSIONES	60
9. BIBLIOGRAFIA	61
10. APENDICES	66

1. RESUMEN

Se hizo una evaluación de conservación de *Ferocactus haematacanthus* con base en los criterios establecidos en el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Especies Silvestres en México (MER) de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la IUCN. Se determinó, a través, de un Sistema de Información Geográfica, la extensión del área de la posible presencia de la especie, el área de ocupación real posible de la especie y los posibles límites de las subpoblaciones; se evaluaron algunos aspectos ecológicos como, la calidad del hábitat con relación a las actividades humanas, y se estimó la eficiencia reproductiva de la especie, así como, la especificidad de hábitat. La evaluación permitió ubicar a esta especie en las categorías de en PELIGRO CRITICO (UICN) y AMENAZADA (NOM-059), en cuanto a su capacidad reproductiva, se obtuvo un porcentaje de germinación bajo (23%), aunado, a que no se registro reclutamiento reciente, dicha evaluación indicó también, que la especificidad de hábitat de la especie es alta y que se encuentra fuertemente amenazada por diversas actividades humanas, sin contar, que el cambio climático tendrá efectos importantes sobre su área de distribución. Por lo anterior, se considera que *F. haematacanthus* podría encontrarse en riesgo, ya que se reconocen condiciones que podrían estar afectando las poblaciones estudiadas; por lo que se propone reconsiderar las categorías en las cuales se encuentra, además de incluirla en programas de conservación *ex situ*, cómo es el proyecto del Banco de Semillas desarrollado en la FES-Iztacala.

2. INTRODUCCIÓN

Debido a su ubicación latitudinal, en la República mexicana se sobreponen y entrelazan dos grandes regiones biogeográficas: la neártica y la neotropical (Conabio, 2000). Halfter (1962, 2003) lo denomina como la zona de transición Mexicana y la define como un área compleja y variada donde se mezclan elementos bióticos de ambas regiones. Esta zona comprende cinco provincias, Marshall y Liebherr (2000) combinan la mayoría de estas provincias con la meseta mexicana en una sola unidad biogeográfica, la provincia de la Sierra Madre Oriental, que representa el este de México (estados de San Luis Potosí, Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Veracruz, Puebla y Querétaro) (Morrone, 2006). Aunado a esta condición, se suman una compleja historia geológica y una accidentada topografía, lo que explica la enorme variedad de condiciones ambientales que hacen posible la excepcional riqueza biológica de México (Conabio, 2000).

Por lo anterior, muchos grupos de plantas se han diversificado en nuestro territorio; de ahí que existan ecosistemas con numerosos endemismos, un elemento adicional que da cuenta de la importancia de nuestro país desde el punto de vista de su biodiversidad (Conabio, 2000). Aquí, se localiza 10% de las especies de plantas superiores del planeta, con alrededor de 25000 especies (Dirzo y Gómez, 1996), de las cuales más del 56% son habitantes exclusivas del territorio nacional, es decir, son especies endémicas (Villaseñor, 2003)

Entre los numerosos grupos biológicos de México, encontramos a la familia Cactaceae, la cual está conformada por cerca de 2,000 especies, todas ellas nativas del Continente Americano, cuya distribución abarca desde Canadá hasta la Patagonia en

Argentina, incluyendo las Antillas (Reyes *et al.*, 2006, Arias *et al.*, 1997). Sin embargo, en México es donde se alberga la mayor riqueza con alrededor de 52 géneros (47% del total mundial) y 850 especies (42%), de los cuales 35% de los géneros y 84% de las especies son endémicas a México (Álvarez *et al.*, 2004). Por su parte el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en los estados de Puebla y Oaxaca, es una de las regiones con mayor diversidad de cactáceas en el país (Becerra, 1997). Dentro de esta región queda comprendida la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) la cual cuenta con 24 géneros y 82 especies (de las cuales 20 son endémicas) (Dávila *et al.*, 1993; Arias *et al.*, 1997; Téllez-Valdés y Dávila-Aranda, 2003). 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-Valdés y Dávila-Aranda, 2003).

Sin embargo, las cactáceas son un grupo de plantas con características biológicas y ecológicas muy particulares, que las hacen vulnerables a diversos factores de perturbación naturales y humanos (Hernández y Godínez, 1994; Álvarez *et al.*, 2004). Y 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 de plantas en mayor peligro de extinción, 17% (146) de las especies mexicanas se encuentran amenazadas y 89% de ellas son endémicas. Otro factor que afecta la conservación de las cactáceas en nuestro país es la destrucción del hábitat, sobre todo si se considera que muchas de estas plantas tienen una distribución restringida (Becerra, 1997). Cabe señalar, también que a pesar de la importancia de las cactáceas, su distribución geográfica es muy poco conocida. El número total de localidades donde las plantas se encuentran es prácticamente ignorado, o solo conocidos unos cuantos sitios

lo cual ha generado una apreciación errónea del grado de amenaza al que están expuestas dichas plantas (Peters y Martorell, 2000).

Lo anterior ha generado la necesidad de conocer y proteger la diversidad biológica nacional, regional y local. Con esta base se han producido diversos criterios para evaluar y proponer decisiones apropiadas para permitir su uso, protección y conservación (Alejos, en internet)). A nivel internacional, se han decretado diversas normatividades que protegen a las especies de flora y fauna; una de ellas es la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés). La CITES establece las reglas para el comercio lícito de especies silvestres y las restricciones particulares a las que quedan sujetas las especies atendidas por este acuerdo internacional (Soberón, 2004). La inclusión de las especies en este convenio está organizada en apéndices (I, II y III). El Apéndice I incluye especies de plantas en peligro de extinción y afectadas por el comercio internacional, para las cuales queda prohibido el intercambio internacional, con fines comerciales, de especímenes de origen silvestre. El Apéndice II incluye a plantas que posiblemente no se encuentran en peligro de extinción, pero pueden llegar a estarlo si no se aplica una reglamentación y control del comercio de las mismas. Está permitido el comercio tanto de especímenes de origen silvestre como reproducidos artificialmente, pero sujeto a permisos. El Apéndice III permite el comercio de especies incluidas en este apéndice, tanto con especímenes de origen silvestre como reproducidos artificialmente, pero requiere documentos CITES. En dicha convención se incluye a la familia Cactaceae completa dentro del Apéndice I, aunque varias especies se encuentran en el Apéndice II.

Otra organización mundial encargada de la protección de especies es la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la cual enlista con base en diversos criterios y categorías enlista a las especies que se encuentran bajo algún

riesgo, con el objetivo de protegerlas. En dicha lista se encuentran también incluidas varias especies de cactáceas.

En México, la Norma Oficial Mexicana-059-ECOL-2001 es la que engloba a las especies legalmente protegidas, determinando las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, en peligro de extinción, raras, amenazadas y sujetas a protección especial, y dentro de las cuales quedan incluidas las especies endémicas de la República Mexicana. Sin embargo, no obstante la riqueza florística de México, de la cual se reconocen cerca de 25,000 especies de plantas vasculares (Rzedowski, 1991; Villaseñor, 2003), solo 1,000 de ellas se encuentran en alguna categoría de la NOM-059-ECOL-2001, y, aunque dicha norma contiene datos más específicos de algunas especies, aún no existe un conocimiento profundo del estado de conservación de la gran mayoría de las especies que en ella se enlistan (Flores y Gerez, 1994 en CONABIO, 1998). Lo anterior se refleja en que sólo un 11% del 50% de las especies enlistadas que son endémicas de México cuentan con una ficha completa de información.

Lo anterior revela la importancia que tiene la evaluación precisa del estado de conservación de especies particulares, como una condición necesaria para prevenir su extinción. Aunado a ello, la determinación del grado de riesgo del taxón al cual se le atribuye una significación especial, resulta una herramienta útil para este propósito (Vischi *et al.*, 2004).

En el caso de la especie *Ferocactus haematacanthus*, se encontró que no existe suficiente información que sustente de manera contundente su inclusión en las categorías en las que actualmente se coloca, dentro de la CITES, la UICN y la NOM-059. Se considera además, que *F. haematacanthus* está expuesto a factores que pudieran

estar poniendo en riesgo algunas de sus poblaciones, como es la alteración o modificación del hábitat, situación que pudiera estar afectando el tamaño poblacional y que hasta ahora no se ha documentado formalmente.

Dentro de la CITES, *F. haematacanthus* 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 podrían llegar a esa situación si no se regula su comercio.

Ferocactus haematacanthus se encuentra también incluida en la Red List de IUCN (1997), en donde se le asigna la categoría de especie rara (R), la cual se aplica a los taxa con poblaciones pequeñas que actualmente no están en peligro ni son vulnerables, pero si están en riesgo. Por lo general, este tipo de taxa se localiza en áreas geográficamente restringidas o tienen una alta especificidad por cierto tipo de hábitat.

En la NOM-059-SEMARNAT-2001 dicha especie se encuentra bajo la categoría de Pr (sujeta a protección especial), la categoría se define como aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas (Esta categoría puede incluir a las categorías de menor riesgo de la clasificación de la IUCN). Sin embargo, esta categoría es solo precautoria y está dada en casos en que la información existente de la especie es escasa, por lo que queda abierta la posibilidad de reclasificarla una vez que se cuente con la información necesaria, ya que en la actualidad esta clasificación deja a un lado el *status* de riesgo real en el que podría estar la especie.

Finalmente, con base en lo anterior se selecciono a *F. haematacanthus*, con el fin generar información más precisa, que permita ubicarla de forma objetiva dentro de la Norma Oficial Mexicana 059. Aunado a proponer medidas que fortalezcan su conservación.

3. ANTECEDENTES

A nivel nacional son diversos los trabajos en donde se aborda el estatus de conservación de cactáceas que se encuentran bajo algún factor de riesgo o en alguna categoría de la UICN, CITES o en la NOM-059. Entre ellos encontramos estudios de demografía, viabilidad de poblaciones, análisis moleculares, ecológicos y algunas contribuciones generales al conocimiento sobre las cactáceas mexicanas. También encontramos algunos estudios detallados sobre la biología reproductiva de algunas especies del género *Ferocactus*.

Entre aquellos estudios relacionados con la presente propuesta están los siguientes:

Hernández y Godínez (1994) realizaron una revisión, en donde, abordan varios aspectos sobre la naturaleza de las cactáceas mexicanas raras o amenazadas y presentan un análisis general de sus patrones de distribución. Ellos presentan una versión modificada de la lista original de Hunt (1992); la cual es una lista depurada desde el punto de vista nomenclatural, con información sobre el estado de conservación de las especies según los listados de la CITES y la UICN; en dicha versión modificada ellos reportan a *Ferocactus haematacanthus* dentro de la UICN como Rara (R), no incluida en la CITES y, con base en el número de localidades conocidas le asignan un categoría de 2. La categoría 2, según su criterio, incluye a los taxa con distribución muy restringida, pero de los que se conocen otras áreas además de la localidad tipo (máximo cinco localidades). Sus poblaciones generalmente se encuentran disjuntas dentro de una porción de un estado o de dos estados contiguos.

Peters y Martorell (2000) aportaron aspectos sobre el conocimiento y conservación de las mamilarias endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, con el fin de determinar el estado de conservación mediante el conocimiento de la distribución real de las especies, la descripción de sus poblaciones y la evaluación de los factores que las amenazan y la modificación de la NOM en su caso.

McIntosh (2002) estudió la biología reproductiva de *Ferocactus cylindraeus* y *F. wislizeni*. En dicho estudio evaluó el éxito reproductivo, a través del registro del número total de flores producidas, frutos producidos, semillas por fruto y masa de las semillas. Además registró el crecimiento y tamaño de las plantas y, realizó experimentos de polinización manual para determinar los sistemas reproductivos y la limitación de polen. Encontrando que para ambas especies la producción de flores incrementa con el tamaño de la planta y las semillas producidas por fruto pueden estar también relacionadas con el tamaño de la planta, aunque la relación aún no es clara. La producción de flores fue similar para las dos especies, pero *F. cylindraceus* produjo más semillas por fruto que *F. wislizeni*. La producción de frutos de *F. cylindraceus* fue severamente impactada por un lepidóptero florívoro. Por su parte *F. wislizeni*, produjo una gran cantidad de frutos (94-96%) sugiriendo que la restricción de la arquitectura (ej. la limitación del meristemo) es más limitante que los niveles de recursos o que los servicios de los polinizadores. En *F. cylindraceus* el número de semillas fue positivamente correlacionado con el peso de la semilla, sin embargo en *F. wislizeni* la relación fue negativa.

Téllez-Valdés y Dávila-Aranda (2003) examinaron los efectos del cambio climático sobre los futuros patrones de distribución de algunas especies de la RBTC, encontrando que la distribución de *F. haematacanthus*, actualmente excede en mayor o en menor grado 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.

Alvarez *et al.* (2004) estudiaron los aspectos ecológicos de dos cactáceas endémicas de México, *Strombocactus disciformis* y *Turbinicarpus pseudomacrochele*, abordando con ello algunas implicaciones para su conservación. Ambas especies se encuentran incluidas en el apéndice I de la CITES y están consideradas como amenazadas y en peligro de extinción, respectivamente, por la NOM-059. Los resultados muestran que ambas especies presentan estructuras poblacionales en las que el número de individuos pequeños es bajo. Ocupan hábitats particulares y la germinación de las semillas, así como la supervivencia de las plántulas son bajas. Además, están sujetas al efecto de diversas actividades humanas tales como la colecta ilegal de plantas y semillas, la ganadería y la extracción de materiales para la construcción, encontrando que de todas estas actividades, la colecta ilegal de semillas es aparentemente una de las principales amenazas para el mantenimiento de las poblaciones de estas especies.

Reséndiz-Melgar *et al.* (2005) evaluaron el forrajeo del ganado caprino en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, a partir de la toma de datos de las distancias y los sitios recorridos por día, el área de influencia y las preferencias de la dieta. Entre sus resultados a partir de observaciones directas, indican que con frecuencia los pastores cortan en trozos ejemplares de *Ferocactus* y *Echinocactus*, que son utilizados como fuente de agua para su ganado; situación que además fue observada en campo durante la realización del presente estudio.

4. OBJETIVOS

General

Evaluar el estado de conservación de *Ferocactus haematacanthus* con base en los criterios establecidos en el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Especies Silvestres en México (MER) de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la IUCN(2001).

Particulares

- Determinar la extensión del área de la posible presencia de la especie.
 - Determinar el área de ocupación real posible de la especie.
 - Determinar los posibles límites de las subpoblaciones.
 - Determinar la calidad del hábitat, en relación con las actividades humanas.
 - Estimar la eficiencia reproductiva de la especie.
-

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Especies Silvestres en México (MER)

Este método unifica los criterios de decisión sobre las categorías de riesgo y permite usar información específica que fundamente toda propuesta de inclusión, exclusión o cambio de categoría de las especies en la NOM-059-ECOL-2001. El método está basado en la evaluación de cuatro criterios que son independientes entre sí, los cuales son: A) amplitud de la distribución del taxón en México, B) estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón, C) vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón, D) impacto de la actividad humana sobre el taxón. Cada uno de estos criterios puede jerarquizarse mediante la asignación de valores numéricos convencionales, en orden ascendente de riesgo. Los valores asignados a los criterios se integran mediante su suma. Y como los criterios se consideran independientes entre sí, la sumatoria resulta entonces en una evaluación acumulativa de riesgo.

A continuación se detallan los criterios de aplicación del MER:

Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón en México: es el tamaño relativo del ámbito de distribución natural actual en México; considera cuatro clases:

1. muy restringida = 4. Se aplica tanto para especies microendémicas como para especies principalmente extralimitales con escasa distribución en México (menor a 5% del territorio nacional)
 2. restringida = 3. Incluye especies cuyo ámbito de distribución en México se encuentra entre el 5 y el 15% del territorio nacional
-

3. medianamente restringida o amplia = 2. Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor que el 15%, pero menor que el 40% del territorio nacional
4. ampliamente distribuidas o muy amplias = 1. Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es igual o mayor que el 40% del territorio nacional.

Criterio 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 y biológicas. Cuando una especie sea de distribución muy amplia, se hará una estimación integral del efecto de la calidad del hábitat para todo su ámbito.

Considera tres valores:

1. hostil o muy limitante = 3
2. intermedio o limitante = 2
3. propicio o poco limitante = 1

Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón: Es el conjunto de factores relacionados con la historia o forma de vida propios 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:

- 1 vulnerabilidad alta = 3
- 2 vulnerabilidad media = 2
- 3 vulnerabilidad baja = 1

Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón: Es una estimación numérica 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:

1. alto impacto = 4
2. impacto medio = 3
3. bajo impacto = 2

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

1. Una especie o población cuya suma total se sitúe entre 12 y 14 puntos, será considerada como en peligro de extinción.
 2. Aquélla cuya suma total de puntos se halle entre 10 y 11 se considerará como amenazada.
-

5.2 ANALISIS GEOGRÁFICO

5.2.1 Evaluación Geográfica de Conservación

El análisis geográfico de conservación se realizó con ayuda de una rutina programada por el Dr. Justin Mota de los Royal Botanic Gardens Kew, la cual es aplicada con el software Arcview Gis 3.2 (ESRI, 2000) y es denominada *script*. Dicha rutina permite realizar cálculos preliminares con base a la distribución geográfica conocida de las especies, y está enfocada a obtener una categoría de riesgo de las especies con base a los criterios de la IUCN. Para ello se recabaron registros de *F. haematacanthus* en las bases de datos de la CONABIO y FES-I. Adicionalmente, se realizó trabajo de campo con el fin de obtener información geográfica detallada sobre la especie.

El trabajo de campo consistió en la selección de cinco localidades para ser estudiadas; en cada una de ellas con ayuda de un geoposicionador se establecieron los límites geográficos de las localidades, para estimar el tamaño del área que ocupa cada una. Para ello, utilizando el programa ArcView Gis 3.2 (ESRI, 2000) se construyó un polígono para cada localidad uniendo todos los puntos extremos, posteriormente utilizando la extensión XTools 6/1/01 se obtuvo el tamaño del área para las localidades estudiadas.

Finalmente, todos los registros recabados se introdujeron al SIG utilizando también el software ArcView Gis 3.2 (ESRI, 2002) con el fin de ajustar el tamaño de la celda a partir de la cual el *script* realiza los cálculos que a continuación se describen.

Cálculos realizados con el *script*:

- Extensión del área de la posible presencia de la especie (Extent of occurrence; EOO): Es el área mínima dentro del límite continuo, la cual engloba todas las localidades conocidas del taxón. Ésta se calcula como el límite continuo más corto que engloba todos los puntos de distribución del taxón.

- Área real de ocupación de la especie (Area of occupancy; AOO): Es el área dentro de la extensión de la presencia que ocupa actualmente el taxón. Se calcula dividiendo la EOO entre 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). La AOO está determinada por el número total de celdas que ocupan los registros de la especie.

- Subpoblaciones: Son grupos dentro de la población geográficamente distintos. Para determinar las subpoblaciones se utilizó el Método de Adyacencia de las Celdas. Para este método se usan las mismas celdas producidas para el cálculo de la AOO y cada una de las celdas ocupadas por una colección de puntos, se clasifica como una población distinta, excepto donde las celdas ocupadas por la colección de puntos son adyacentes con alguna otra. En este caso se considera que ellos representan una población.

Una población queda definida como el número total de individuos del taxón. Para los fines de este trabajo, se considero también la distancia existente entre las localidades, los posibles dispersores y polinizadores, aunado a los límites que se sugieren en el modelo obtenido a partir de la evaluación geográfica de conservación.

Aplicación del criterio A del MER

El Análisis Geográfico de Conservación permitió resolver el Criterio A del MER, el cual se refiere a la amplitud de la distribución del taxón en México.

5.3 ANALISIS ECOLÓGICO

5.3.1. Estado del hábitat de *F. haematacanthus*

Extensión y calidad del hábitat, con relación a las actividades humanas:

Debido a las observaciones hechas en campo y a la sobreposición en el SIG de los puntos de registro en la carta topográfica de INEGI 1:250000, encontramos distintas actividades humanas en cada una de las localidades que sugerimos están afectando el hábitat de la especie. Con base a estas actividades como son la agricultura, el ganado caprino, así como, la cercanía de las poblaciones de la especie a asentamientos humanos de distinto tamaño, y, la cercanía con lo distintos tipos de vías de comunicación (carreteras, autopistas, terrecerías, etc.), se estableció una serie de categorías independientes entre sí, cada una con un valor numérico acumulativo, de acuerdo con su importancia/intensidad, las cuales permiten “cuantificar” los posibles impactos sobre las poblaciones y el hábitat de la especie.

A continuación se detallan las categorías y clases propuestas:

- I. Actividades de agricultura.
 - a) agricultura de subsistencia = 1
 - b) agricultura de temporal = 2
 - c) agricultura extensiva = 3

 - II. Pastoreo por ganado caprino
 - a) pastoreo extensivo = 3
 - b) pastoreo no extensivo = 2
-

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 = 3
- b) no reciente = 2

Especificidad del hábitat de *F. haematacanthus*:

El clima es uno de los factores importantes que afectan o determinan la distribución de los organismos; es por ello que los análisis de las variables climáticas ayudan a entender porque una especie crece en un determinado sitio y no en otro (Lindenmayer *et al.*, 1991). Otros factores igualmente importantes son las interacciones bióticas y los eventos históricos, sin embargo no fueron considerados en este estudio.

Con base en lo anterior y con el fin de conocer la especificidad de hábitat de *F. haematacanthus* con base en el clima, se obtuvieron los perfiles bioclimáticos de las localidades. Para ello, se utilizó el programa BIOCLIM contenido en ANUCLIM (Houlder *et al.*, 2000), el cual es un programa de modelaje bioclimático, que requiere de un modelo digital de elevación (MDE) y un conjunto de puntos georreferenciados que representen los sitios en donde crece la especie, con ellos genera a partir del análisis de 19 variables climáticas (Cuadro 1) el perfil bioclimático, el cual sintetiza las condiciones climáticas de cada uno de los sitios analizados. Una vez obtenidos los perfiles

bioclimáticos, se construyó una matriz de datos en donde las filas representaban las localidades y las columnas los 19 variables climáticas analizadas. Utilizando el programa PATN, primero se realizó una clasificación no jerárquica, ya que dicha matriz quedó conformada por 135 filas, a partir de ella se obtuvieron las estadísticas de los grupos formados, construyendo con estos datos una nueva matriz, quedando en las filas los grupos formados para las localidades y en las columnas el valor mínimo, medio y máximo de cada una de las 19 variables climáticas; con dicha matriz se realizó una clasificación jerárquica, utilizando la métrica de Gower. Finalmente se obtuvo un fenograma que muestra la clasificación de las localidades con base al clima, permitiendo así reconocer la especificidad de hábitat que presenta la especie bajo estudio en las distintas localidades analizadas.

Cuadro 1. Parámetros climáticos utilizados por el programa BIOCLIM, a partir de los cuales se generaron los mapas de distribución potencial

1. Temperatura promedio anual (°C)
 2. Oscilación diurna de la temperatura (°C)
 3. Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y 7)
 4. Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)
 5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
 6. Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
 7. Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)
 8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)
 9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)
 10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
 11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
 12. Precipitación anual (mm)
 13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
 14. Precipitación del periodo más seco (mm)
 15. Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)
 16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
 17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
 18. Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
 19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)
-
-

Distribución Potencial de *F. haematacanthus*

Con el fin de identificar más elementos sobre la especificidad de hábitat y la distribución geográfica de *F. haematacanthus* se generaron mapas de distribución potencial. Para ello, se utilizó también el programa BIOCLIM, el cual a través de los perfiles bioclimáticos, establece una comparación de estos, con los atributos climáticos de un conjunto de celdas generados por el MDE. Tal comparación permite determinar aquellos sitios con condiciones climáticas similares (homoclimas), en los cuales potencialmente se encontraría la especie. Una vez obtenido esto, a través del programa BIOMAP se definieron las áreas que representan los ambientes climáticos adecuados en donde pudiera prosperar la especie, con estas áreas se generaron los mapas de distribución potencial utilizando el programa ArcView 3.2 (ESRI, 2000); (Villaseñor y Téllez-Valdés, 2004).

Aplicación del criterio B y D del MER

En conjunto, el conocer el estado del hábitat de *F. haematacanthus* permitió resolver los criterios B y D del MER, para ello, fue necesario establecer una escala numérica final, con el fin de trasladar esto a los valores numéricos establecidos en ambos criterios del MER. En el caso de la calidad del hábitat, con base a las categorías y clases propuestas, la escala se determinó tomando en cuenta que la sumatoria de todos los valores resulta con un valor máximo de 32 puntos, a partir de ello la escala se repartió en tres intervalos que corresponden a los tres valores numéricos del criterio B, quedando de la siguiente manera: 1 a 10 puntos que corresponde, a un hábitat propicio o poco limitante con un valor igual a 1; 11 a 20 puntos correspondiente a un hábitat

intermedio o limitante con un valor igual a 2 y; 21 a 32 puntos correspondiente a un hábitat hostil o muy limitante con un valor de 3.

Así mismo, utilizando la información generada para la calidad del hábitat se pudo resolver el criterio D del MER. En este caso los intervalos quedaron de la siguiente forma: 1 a 10 puntos que corresponde, de acuerdo al criterio D del MER, a la posibilidad de bajo impacto con un valor de 2; 11 a 20 puntos correspondiente a impacto medio con un valor igual a 3 y; 21 a 32 correspondiente a la posibilidad de alto impacto con un valor igual a 4

5.3.2 Eficiencia Reproductiva

La eficiencia reproductiva se determinó a partir del conteo por individuo del número de flores, el número de frutos, el número de semillas producidas por fruto, así como, el porcentaje de germinación por localidad.

Aspectos Fenológicos Generales

Estos aspectos se abordaron con respecto a los meses de floración y fructificación de la especie, dicha información se obtuvo a partir de revisión de bibliografía y la toma de datos de campo, los cuales fueron tomados durante una única visita a cada localidad, en los meses de marzo, abril, mayo y junio. Con estos datos se construyó un cuadro donde se integró la información sobre los meses de floración y fructificación.

Estructuras reproductivas

En cuatro de las localidades se registró el número flores y frutos a entre 5-25 individuos, la toma de los datos se realizó solo para la ocasión en que se visitó cada localidad; a partir de estos datos se calcularon los promedios y la desviación estándar para poder hacer un análisis descriptivo entre las localidades.

Características de los frutos

En cada una de las localidades se eligieron 5 individuos a los cuales se les colectó entre 5 y 7 frutos, esto con el fin de no dañar la población.

A los frutos colectados les fueron tomadas medidas de largo y ancho, las medidas del largo se tomaron de la base donde inicia la parte floral y el ancho se tomó en la parte media del cuerpo del fruto. Para tres de las localidades la medición de los frutos se realizó cuando estos estaban frescos y solo para una de ellas se tomaron cuando los frutos ya estaban secos.

El promedio del largo y ancho de los frutos fue comparado entre tres de las localidades con un análisis de varianza de una vía, utilizando el paquete estadístico JMP versión 3.1.6.2. Se obtuvieron los residuales para comprobar que no se violaran los supuestos matemáticos de normalidad de la prueba de ANOVA.

Producción de semillas

Para estimar la producción de semillas por fruto, los frutos fueron secados a temperatura ambiente dentro del laboratorio, manteniéndolos en un lugar fresco y seco. Una vez secos, las semillas fueron contadas para cada uno de los frutos colectados por individuo en cada localidad. El número de semillas que se obtuvo para cada fruto se comparó entre las localidades con un análisis de varianza de una vía, para lo cual se utilizó el paquete estadístico JMP versión 3.1.6.2. También en este caso, se obtuvieron los residuales.

Germinación

De acuerdo con el protocolo del proyecto del Banco de Semillas de la UBIPRO, se seleccionaron 200 semillas por localidad para ser germinadas bajo condiciones de invernadero. Las semillas fueron sembradas en un almácigo con numerosos compartimientos individuales, los cuales se llenaron con una mezcla de suelo de 50% de una de las localidades y 50% de tierra de hoja comercial. Una vez llenos los compartimientos el suelo fue humedecido un día antes de la siembra; se sembraron 5 semillas por compartimiento acomodándolas hacia la periferia de este, con ayuda de una pinzas, una vez sembradas se cubrieron con una pequeña cantidad de suelo. La

evaluación de la germinación consistió en revisar cada tercer día el número de semillas germinadas, una semilla se consideró germinada una vez rota la testa y habiendo emergido la radícula sobre la superficie. Así mismo, se tomó la temperatura ambiental durante tres veces al día.

El promedio de semillas germinadas fue comparado entre las distintas localidades con un análisis de varianza de una vía, para ello de igual manera se utilizó el paquete estadístico JMP versión 3.1.6.2 y también se realizó la prueba de residuales.

Se calculó además para cada localidad, el tiempo necesario para alcanzar el 50% de la germinación (T_{50}), este se definió como el número de días que tardaron en germinar el 50% de las semillas de cada localidad, con respecto al número máximo de semillas germinadas en todos los tratamientos.

Aplicación del criterio C del MER

Con el fin de asignar un valor a la especie bajo estudio respecto al criterio C, se consideró la de producción de flores y frutos, la producción de semillas y los porcentajes de germinación. Inicialmente se establecieron una serie de rangos basados en los promedios obtenidos por localidad para cada uno de los aspectos referidos y a los cuales se les asignaron valores entre 1-3, que permitieran calificar cada una de las localidades, considerando el número 3 como el de mayor riesgo (Cuadro 2). Esta clasificación permitió una sumatoria de las calificaciones de todas las localidades para cada aspecto, conformando finalmente una escala de intervalos para las tres categorías de riesgo propuestas. Esta escala final consideró una sumatoria máxima para todos los valores de 48 puntos, la que se repartió en tres intervalos para calificar el criterio C del MER, quedando de la siguiente manera: 1 a 16 puntos que corresponde a una vulnerabilidad biológica intrínseca alta con un valor de 3; 17 a 31 puntos correspondiente a una vulnerabilidad biológica intrínseca media con un valor de 2 y, 32 a 48 puntos correspondiente a una vulnerabilidad biológica intrínseca baja con un valor igual a 1.

Cuadro 2. Rangos y valores numéricos establecidos para cada aspecto evaluado en la aplicación del criterio C del MER

Aspecto de la eficiencia reproductiva	Rangos y valores numéricos asignados
Producción de flores	1-7 = 3 8-15 = 2 16-23 = 1
Producción de frutos	1-6 = 3 7-11 = 2 12-22 = 1
Producción de semillas	1-120 = 3 130-250 = 2 260-380 = 1
Porcentaje de germinación	1-6 = 3 7-13 = 2 14-23 = 1

Especies asociadas a *F. haematacanthus*

En cada una de las localidades se registraron las especies asociadas a *F. haematacanthus*, con la finalidad de conocer el componente florístico en cada una de ellas, aunado a que esto tiene relación con los criterios que toma en cuenta la SEMARNAT para sus categorías de riesgo, ya que estos datos cubren el criterio de Asociación, en donde se considera las principales asociaciones de la especie o población con otras y con los demás elementos del ecosistema.

6. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 ANALISIS GEOGRÁFICO

6.1.1 Distribución de *F. haematacanthus*

A partir de la revisión de las bases de datos de CONABIO y FES-I y de la toma de datos de campo, se reunieron un total de 138 registros para *F. haematacanthus*. En la figura 1 se presenta la distribución de los registros, se muestra solamente un registro por localidad; a partir de ello se puede observar que la especie bajo estudio tiene una distribución restringida al estado de Puebla.

6.1.2 Descripción de las localidades visitadas

La localidad del cerro El Chacateca en el municipio de Zapotitlán Salinas, se encuentra ubicada en la cima de dicho cerro a una altitud de 2405 msnm, con un área de 0.0095 km², y con un tamaño poblacional de 53 individuos.

Puente Colorado es una localidad ubicada en el municipio de Chapulco, se encuentra a una altitud de 2267 msnm y ocupa un área de 0.064 km²; se estimó para ella un tamaño poblacional de 51 individuos.

En el municipio de Cañada Morelos se visitaron dos localidades muy cercanas entre sí; la primera se ubica del lado derecho de la carretera federal 185 rumbo a Azumbilla, se localiza a una altitud de 2400 msnm y tiene un área de 0.047 km²; su tamaño poblacional es de 55 individuos.

La segunda localidad en el municipio de Cañada Morelos se ubica del lado izquierdo de la carretera federal rumbo a Azumbilla, esta población se encuentra a 2457 km² y cuenta con área de extensión de 0.25 km²; su tamaño poblacional es de 206 individuos.

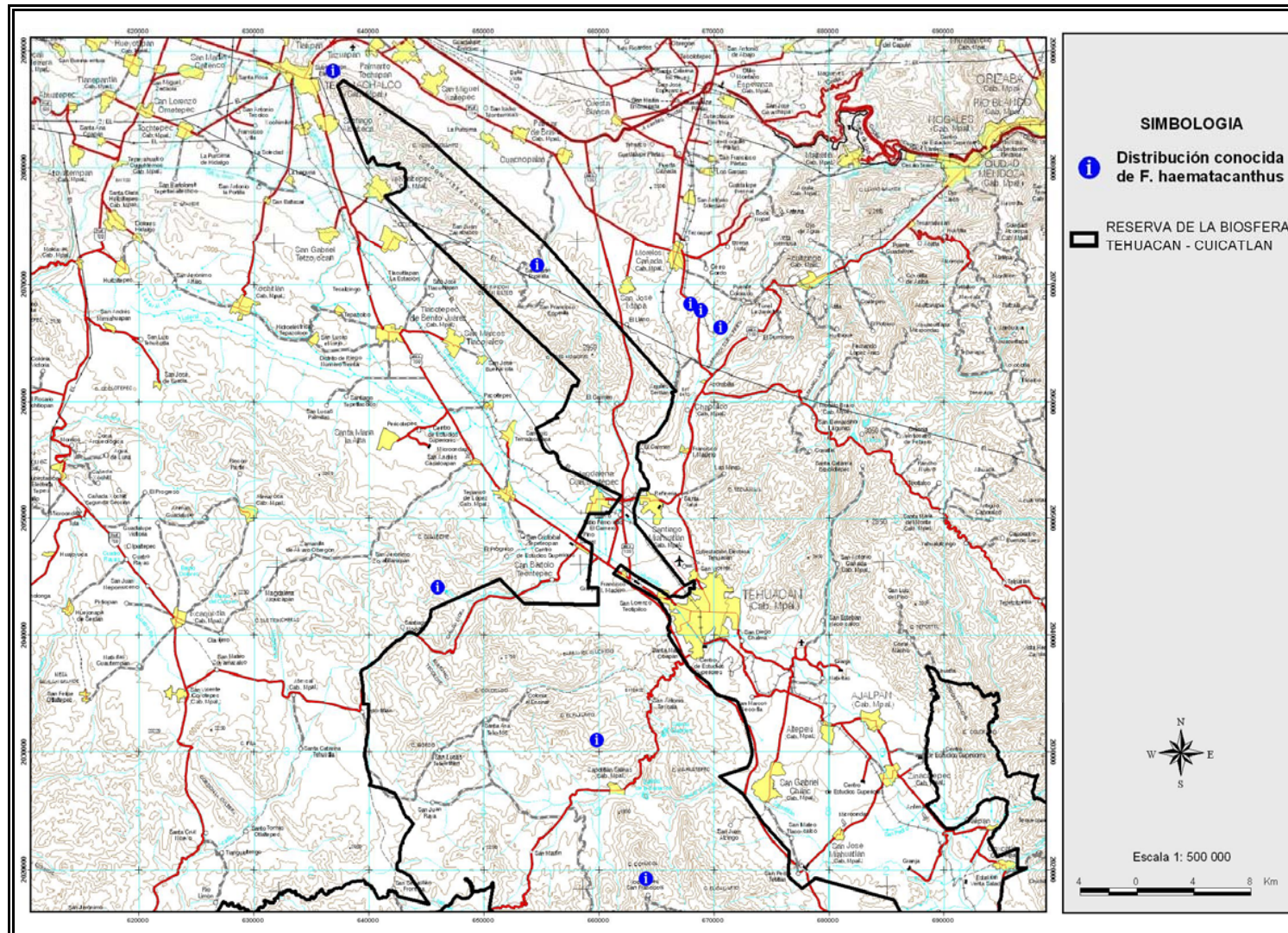


Figura 1. Distribución conocida de *F. haematacanthus* respecto a los límites de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, sobrepuesta a la carta de INEGI 1:250,000.

6.1.3 Evaluación Geográfica de Conservación

Una vez ajustados los datos obtenidos con el *script*, con base en la información que se obtuvo de las visitas a las localidades, el tamaño de la celda propuesta fue de 0.5 km², que representa el promedio del área de extensión de las poblaciones visitadas. El cuadro 2 muestra los resultados obtenidos para cada uno de los cálculos y en la figura 2 se presenta el mapa generado a partir de los cálculos realizados.

Cuadro 3. Valores obtenidos a partir de la Evaluación Geográfica de Conservación realizada con el *script*.

Cálculo	Valor
Extensión del área de la posible presencia de la especie (EOO)	1382.68 km ² (diámetro máximo 77.257 km)
Área real de ocupación de la especie (AOO)	0.205 km ²
Subpoblaciones (Análisis de Rapoport)	13

De acuerdo con los valores que se muestran en el cuadro 2, el *script* propuso a la especie bajo estudio, con base a los criterios de la UICN, dentro de la categoría EN PELIGRO CRITICO (CR).

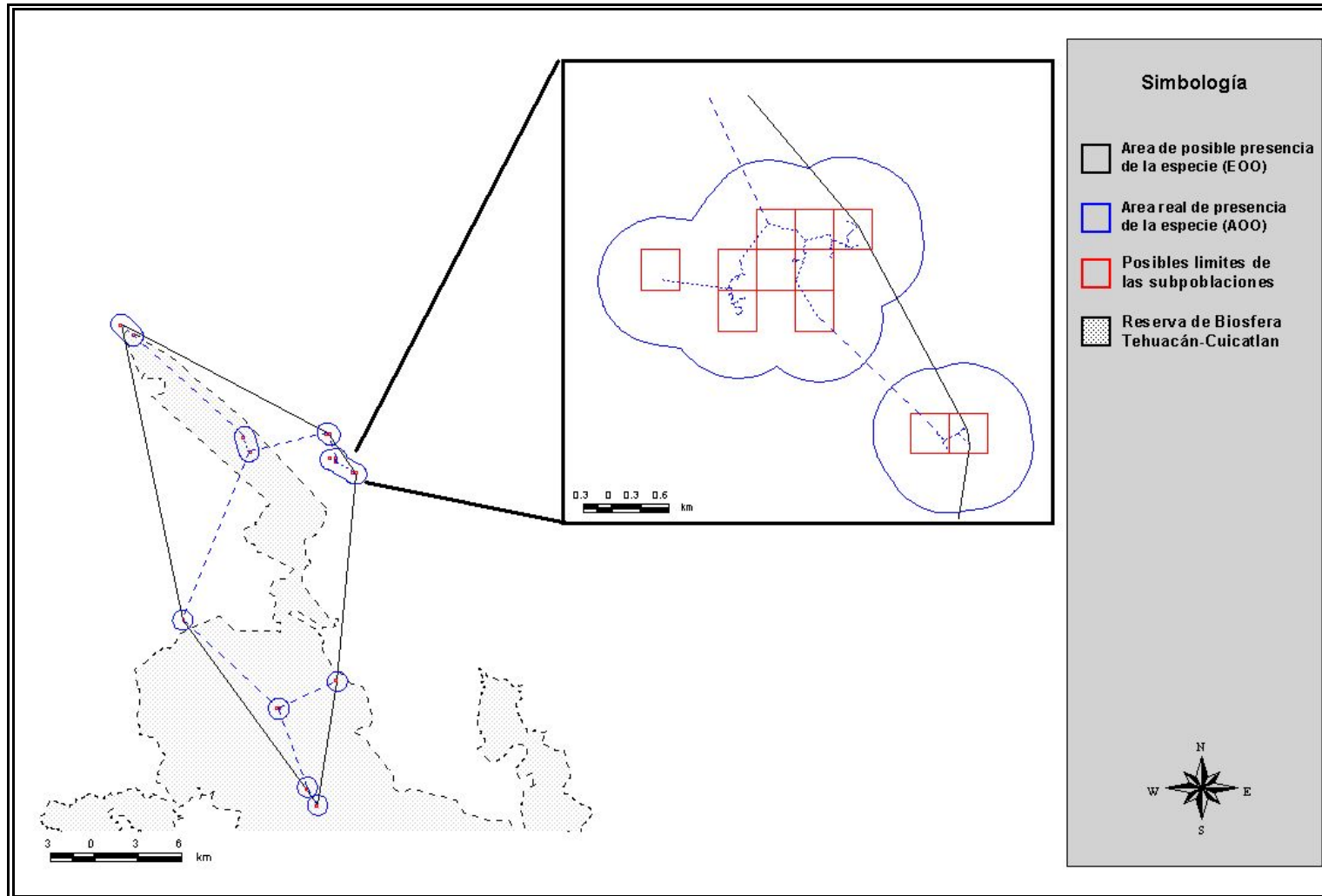


Figura 2. Mapa del análisis geográfico de conservación respecto a los límites de la RBTC. La línea negra que une los puntos de registro delimita el área de posible presencia de la especie (EEO). La línea azul delimita el área real de presencia de la especie (AOO). Los posibles límites de las poblaciones y subpoblaciones se presentan en cuadros rojos, los cuales si son adyacentes representan una subpoblación, en el caso de un solo cuadro representa una población.

Aplicación del criterio A del MER

Lo anterior permitió, de acuerdo al criterio A del MER, ubicar a *F. haematacanthus* como una especie de distribución muy restringida asignándole un valor igual a 4, lo cual se aplica tanto para especies microendémicas como para especies principalmente extralimitales con escasa distribución en México (menor a 5% del territorio nacional). Ya que considerando lo anterior y con base en los valores de la EOO y AOO, 1382 y 0.205 km², respectivamente, se puede decir que la distribución del taxón ocupa menos del 0.1% del territorio nacional.

6.2 ANALISIS ECOLÓGICO

6.2.1 Estado del hábitat de *F. haematacanthus*

Extensión y calidad del hábitat, con relación en las actividades humanas

Para cada una de las localidades fueron identificadas varias actividades relacionadas con labores humanas, las cuales pudieran estar afectando la extensión y calidad del hábitat de la especie bajo estudio. A continuación se presenta una descripción breve sobre dichas actividades, y se muestran los valores obtenidos de acuerdo con las categorías y clases asignadas por localidad (cuadro 4).

Cerro el Chacateca. Se encontró que la cercanía con el pueblo de Zapotitlán Salinas (Figura 3), pudiera estar ejerciendo cierta presión sobre ella, ya que esto se relaciona con el hecho de que en el sitio se localiza una cruz, la cual cada año es visitada por una gran cantidad de pobladores con el fin de celebrar el “día de la cruz”. Aunado a esto se pudo observar evidencias de ramoneo de los arbustos por cabras y chivos.

Puente Colorado. Se encontraron rastros recientes de quema del terreno, además de llevarse a cabo agricultura de temporal, principalmente de maíz, la cual se realiza en las faldas del cerro, limitando los cultivos con algunos organismos de la especie bajo estudio.

Cañada Morelos. Como se indica las localidades se localizan muy cercanas entre sí, coincidiendo en que se encuentran a escasos 250 m de la carretera federal 150

(Figura 4). Por su parte, la localidad nombrada Cañada Morelos presenta en la parte baja terrenos que fueron ocupados para el cultivo y que posteriormente fueron abandonados. Para las localidades de Cañada Morelos 1 y Cañada Morelos 2, se encontró que se lleva a cabo agricultura extensiva, principalmente de maíz y trigo, limitando también en estas localidades los cultivos con algunos organismos, aunado a esto, se pudo observar en el momento de la visita la preparación de nuevos terrenos para realizar dicha actividad (Figuras 5, 6 y 7).

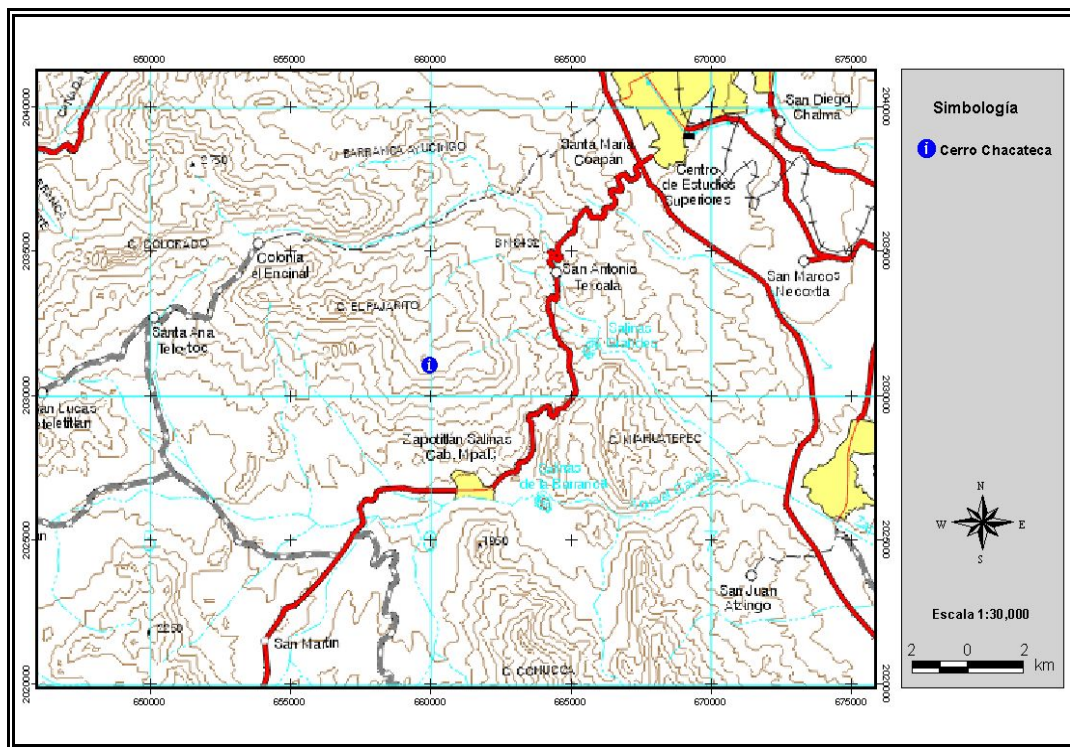


Figura 3. Se muestra la cercanía del municipio de Zapotitlán Salinas a Cerro el Chacateca (punto azul). Carta INEGI escala 1:250,000.

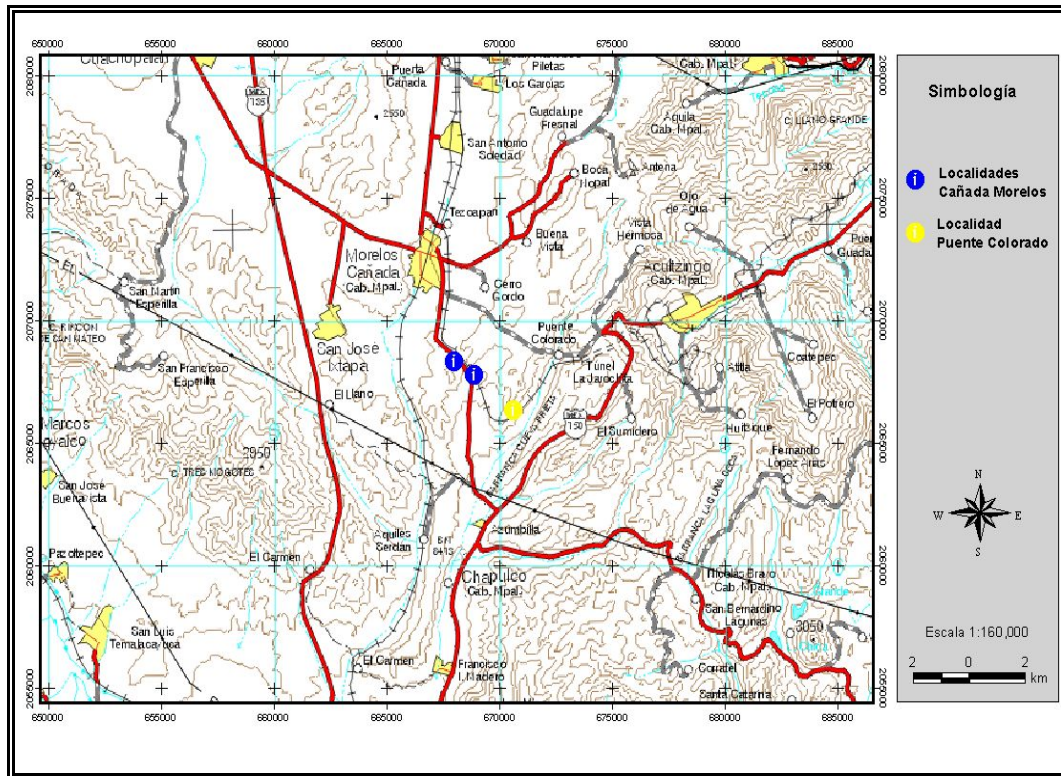


Figura 4. Se muestra la cercanía de la autopista federal a las localidades de Cañada Morelos 1 (puntos azules) y la ubicación de Puente Colorado (punto amarillo). Carta INEGI escala 1:250,000



Figura 5. Se muestra la apertura de terrenos para realizar actividades de agricultura en las localidades de Cañada Morelos



Figura 6. Se muestran los terrenos destinados a la agricultura los cuales limitan con las localidades de Cañada Morelos.



Figura 7. Se muestran las actividades de agricultura llevada a cabo en Cañada Morelos.

Cuadro 4. Actividades humanas que se presentan en cada una de las poblaciones visitadas y valores asignados a cada una de ellas.

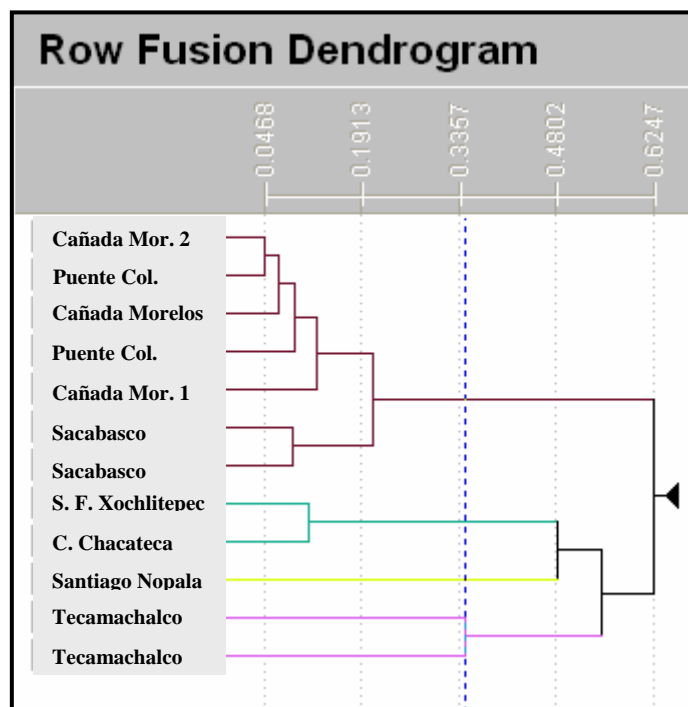
Localidades	Actividades relacionadas con labores humanas	Categoría y clase	Valor de la clase	Valor total que obtuvo la población
Cerro Chacateca	Influencia de la gente del pueblo Zapotitlán Salinas por festejo anual en donde se ubica la población.	IV, clase b	2	4
	Pastoreo no extensivo por cabras y chivos.	II, clase b	2	
Puente Colorado	Evidencia de quema reciente del terreno	V, clase a	3	5
	Agricultura de temporal, principalmente de maíz.	I, clase b	2	
Cañada Morelos 1	Carretera federal a 100 m.	III, clase c	3	5
	Preparación reciente de terrenos para cultivo.	I, clase b	2	
Cañada Morelos 2	Carretera federal a 100 m.	III, clase c	3	9
	Agricultura extensiva de maíz y trigo.	I, clase c	3	
	Pastoreo extensivo por cabras.	II, clase a	3	

Especificidad de hábitat de *F. haematacanthus*

A partir de la clasificación realizada con los perfiles bioclimáticos de todas las localidades (Apéndice 1) de la especie bajo estudio, el dendrograma obtenido (Figura 8) muestra la formación de un grupo grande entre las localidades de Cañada Morelos, Cañada Morelos 1, Cañada Morelos 2 y Puente Colorado; muy cercana a este grupo se encuentra la localidad de Sacabasco. Otro grupo es el formado por las localidades de San Francisco Xochiltepec y Cerro el Chacateca, este grupo es seguido por la localidad

de Santiago Nopala y, la localidad de Tecamachalco, formando cada una un grupo. Se puede observar, por lo tanto, que los grupos formados corresponden a localidades que se encuentran geográficamente cercanas y con condiciones climáticas semejantes (Figura 9).

Figura 8. Dendrograma obtenido a partir de la clasificación de los perfiles bioclimáticos de cada localidad.



Distribución potencial de *F. haematacanthus*

A partir de los mapas de distribución potencial, construidos para todas las localidades de *F. haematacanthus*, se puede observar que las áreas en donde potencialmente se encuentre la especie estudiada son muy pequeñas (Figura 8), ya que todas están ubicadas dentro de la distribución conocida de la especie.

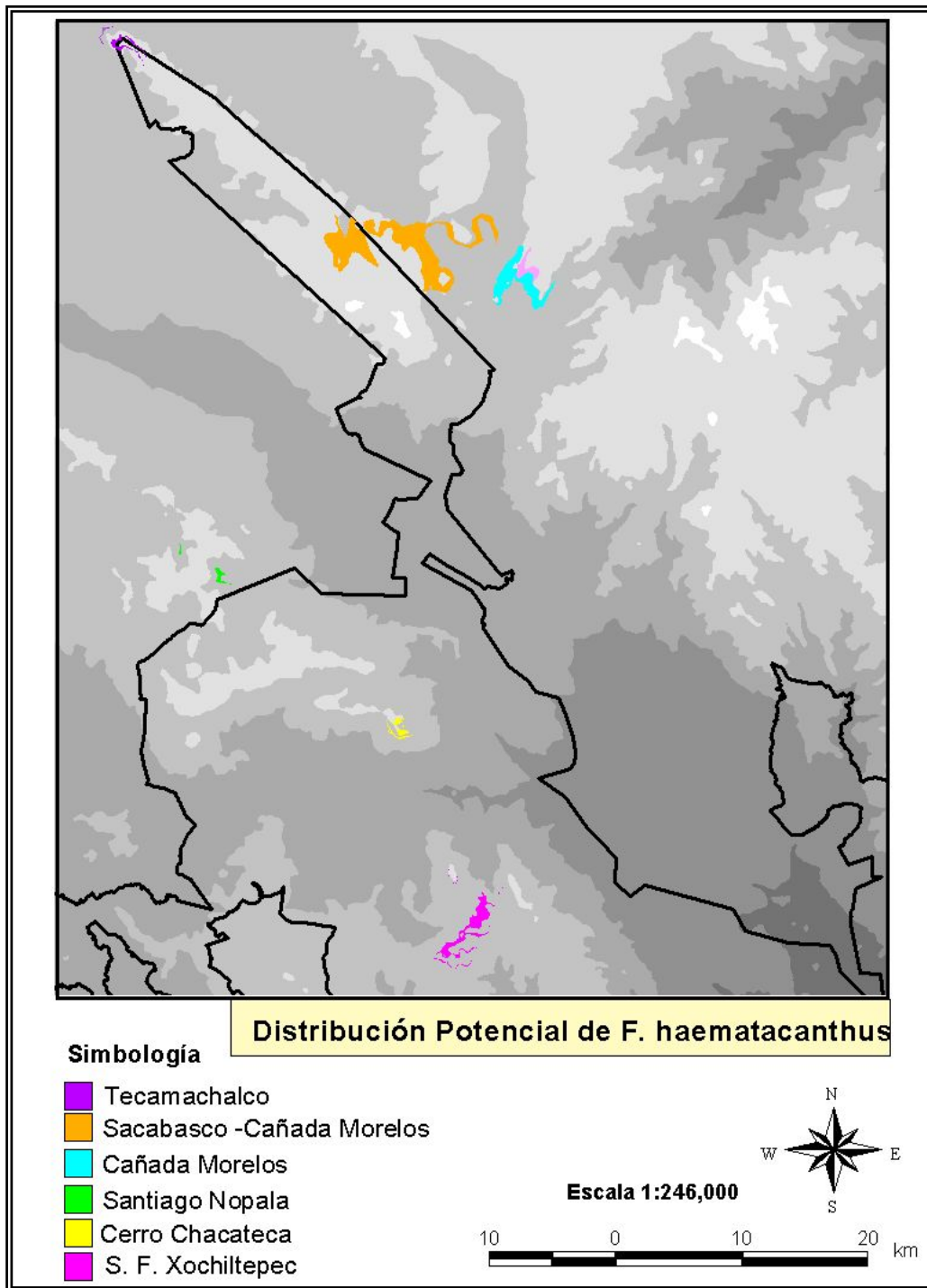


Figura 9 Áreas de distribución potencial de las localidades de *F. haematacanthus* respecto a los límites de la RBTC y sobrepuestas a un Modelo Digital de Elevación.

Aplicación de los criterios B y D del MER

Con base a los resultados obtenidos para el estado del hábitat de *F. haematacanthus*, en relación a la calidad del hábitat, al realizar la sumatoria de los valores obtenidos a partir de las categorías propuestas, se obtuvo una puntuación total de 20 para la especie. Este valor se ubica en el intervalo propuesto de 11 a 20 puntos, lo que corresponde de acuerdo al criterio B del MER, a que el estado del hábitat de *F. haematacanthus* es intermedio o limitante. Así mismo, la especificidad del hábitat de *F. haematacanthus* es alta, lo cual permite de igual manera decir que el estado del hábitat es intermedio o limitante, esto entendido como, que los requerimientos conocidos para el desarrollo natural de la especie que se analiza, son muy específicos en cuanto a las condiciones climáticas de las localidades en donde esta se encuentra.

Así mismo, la información que se generó a partir de la calidad del hábitat, se tomó en cuenta para resolver el criterio D del MER, por lo que partiendo de la puntuación total de 20 para la especie, el valor se ubica en el intervalo de 11 a 20 puntos, que correspondería de acuerdo al criterio D a la posibilidad de impacto medio.

6.2.2 Eficiencia Reproductiva

Aspectos Fenológicos Generales

De acuerdo a la revisión de bibliografía y observaciones hechas en campo, los meses en que se presenta la floración para *F. haematacanthus* son cuatro, iniciando en el mes de marzo y concluyendo el mes de junio (cuadro 5); sin embargo, cabe mencionar que la bibliografía existente sobre la especie es escasa, por lo que sería recomendable también realizar una revisión de herbario, así como un seguimiento sobre la fenología.

En cuanto los meses de fructificación de *F. haematacanthus*, según la bibliografía, los frutos maduros se encuentran durante los últimos meses del año, sin embargo, respecto a lo observado en campo, en al menos tres de las localidades visitadas se encontraron frutos ya maduros en los meses de mayo y junio. Cabe mencionar que durante los meses intermedios a estas dos referencias no se realizaron visitas a las localidades.

Cuadro 5. Meses en floración y fructificación de *F. haematacanthus* obtenidos a partir de revisión bibliográfica y observaciones hechas en campo.

Estructuras reproductivas	Meses del año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Flores			----	----	----	----						
Frutos					----	----				----	----	

Estructuras reproductivas

Se obtuvo el promedio del número de flores y de frutos por individuo para cada localidad de *F. haematacanthus* (Cuadro 6), a partir de estos datos se puede observar que la localidad de Cañada Morelos 2 es la que presentó el mayor número de flores y frutos por individuo, en cuanto al número de flores esta localidad es seguida por la de Cerro Chacateca; por su parte la localidad de Cañada Morelos presento un número intermedio de ambas estructuras reproductivas, así mismo, la localidad Puente Colorado fue la que presento el menor número tanto de flores como de frutos.

El número de frutos para la localidad del Cerro Chacateca no se registró debido a que esta se visitó solo durante la época de floración. En cuanto a la localidad de Cañada

Morelos 1 tampoco se obtuvieron los datos debido a que solo se encontraron dos individuos con estructuras reproductivas, por lo que no se pudieron realizar los cálculos.

Cabe mencionar que debido a que los datos no fueron tomados simultáneamente para todas las localidades, no fue posible realizar algún estadístico para establecer comparaciones entre estas.

Cuadro 6. Promedio (\pm desv. est) del número de flores y frutos por individuo para cada localidad de *F. haematacanthus*, enseguida el tamaño de la muestra y entre paréntesis el número mínimo y máximo de estructuras encontradas.

Localidades	Estructuras reproductivas	
	Flores	Frutos
C. Chacateca *	14.9 \pm 5.1, 7 (8-23)	-----
Puente Colorado	6.9 \pm 7.1, 6 (1-19)	5.2 \pm 5.4, 6 (1-15)
Cañada Morelos	11.6 \pm 8.9, 29 (1-36)	10.1 \pm 8.3, 27 (1-28)
Cañada Morelos 1 **	-----	-----
Cañada Morelos 2	23.5 \pm 8.1, 8 (8-33)	22.4 \pm 7.3, 8 (8-31)

*No se pudo registrar el número frutos durante la visita a la localidad. **Solo se encontraron dos individuos con estructuras reproductivas, por lo que no se realizaron los cálculos.

Características de los frutos

Los resultados obtenidos del promedio del largo y ancho de los frutos por individuo para las localidades visitadas de *F. haematacanthus* (Cuadro 7), indican que la localidad de Cañada Morelos 2 fue la que presentó los frutos de mayor tamaño, así como el mayor número de semillas por fruto. Por su parte las localidades de Cañada Morelos y Cañada Morelos 1 presentan frutos de menor tamaño y un menor número de semillas. La localidad en donde se obtuvieron los frutos más pequeños fue la de Puente Colorado, aunque cabe mencionar que en este caso las medidas fueron tomadas a los frutos

secos; para la localidad 1 no fue posible medir los frutos ya que estos no se guardaron de manera adecuada, lo que provocó que se dañaran.

Para corroborar lo antes mencionado, se realizó un análisis de varianza del largo y ancho para las tres localidades que se encuentran en Cañada Morelos, ya que sólo para estas las medidas de largo y ancho de los frutos fueron tomadas en fresco, este análisis indicó que existen diferencias significativas entre las tres localidades tanto para el largo como para el ancho de los frutos ($F = 51.6967$, g.l. = 2, $p = 0.0001$; $F = 89.8637$, g.l. = 2, $p = 0.0001$, respectivamente). Por lo anterior, se realizaron los contrastes correspondientes entre las localidades, lo que indicó que la localidad de Cañada Morelos 2 es significativamente diferente de las localidades Cañada Morelos y Cañada Morelos 1, tanto para el largo como para el ancho de los frutos ($t = 10.93$, g.l. = 2, $p = 4e-19$). Por su parte entre las localidades de Cañada Morelos y Cañada Morelos 1 no existen diferencias significativas para el largo ($t = 1.9103$, g.l. = 2, $p = 0.0588$) y ancho ($t = 2.4579$, g.l. = 2, $p = 0.156$) de los frutos.

Cuadro 7. Promedio (\pm desv. est) del largo y ancho de los frutos para cada localidad de *F. haematacanthus*, y el tamaño de la muestra, las letras diferentes señalan si existen diferencias significativas entre las localidades, con base al análisis de varianza.

Localidad	Característica del fruto		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Semillas por fruto
C. Chacateca *	-----	-----	-----
Puente Colorado **	19.6 \pm 2.1, 24	11.0 \pm 0.35, 24	231.1 \pm 21.0, 24
Cañada Morelos	22.4 \pm 0.6, 47, a	17.5 \pm 0.27, 47, a	188.5 \pm 15.2, 33
Cañada Morelos 1	20.4 \pm 0.4, 18, a	15.9 \pm 0.3, 18, a	115.6 \pm 30.2, 10
Cañada Morelos 2	29.2 \pm 0.6, 45, b	22.8 \pm 0.4, 45, b	373.1 \pm 25.0, 24

*No se pudieron obtener datos de los frutos. **Medidas obtenidas a partir de frutos secos.

Producción de semillas

Los resultados del promedio del número de semillas por fruto para cada localidad de *F. haematacanthus* (Figura 10), indican que la localidad de Cañada Morelos 2 fue la que presentó el mayor número de semillas por fruto, seguida por las localidades de Puente Colorado y Cañada Morelos, por su parte la localidad de Cañada Morelos 1 fue la que presentó el menor número de semillas por fruto. Para la localidad 1, como se menciona antes, los frutos se dañaron lo que ocasionó que no pudieran separarse las semillas que pertenecían a cada fruto.

Para corroborar lo anterior, se realizó un análisis de varianza de una vía del número de semillas por fruto por localidad, a partir de este análisis se encontró que existen diferencias significativas entre las localidades (Cuadro 8), por lo que se realizaron los contrastes entre estas; dichos contrastes indicaron que la localidad de Cañada Morelos 2 es significativamente diferente de las otras localidades ($t = 4.7977$, g.l. = 1, $p = 0.000006$). Por su parte el contraste hecho para las localidades de Puente Colorado y Cañada Morelos indicó que entre estas localidades no existen diferencias significativas ($t = 1.5679$, g.l. = 1, $p = 0.1205$). Así mismo, para la localidad de Cañada Morelos 1 los contrastes indicaron que es significativamente diferente de las demás localidades ($t = 3.0059$, g.l. = 1, $p = 0.0035$)

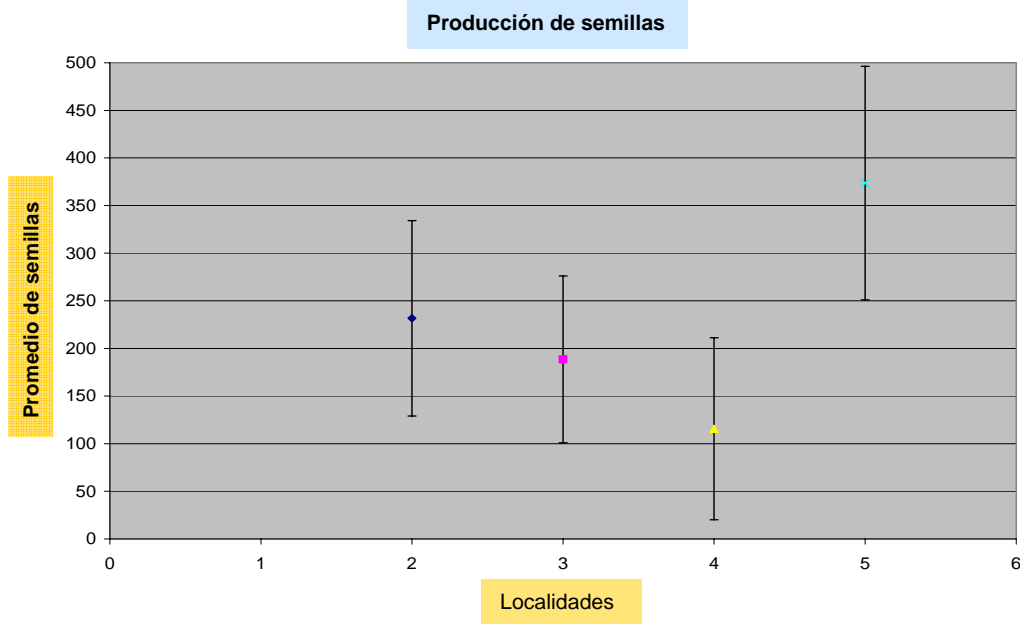


Figura 10. Se muestran el promedio del número de semillas por fruto (puntos de colores) por localidad, las barras representan el error estándar. Las letras diferentes señalan si existen diferencias significativas entre las localidades, con base al análisis de varianza.

Cuadro 8. Análisis de Varianza de una vía, del número de semillas por fruto por localidad.

Fuente de variación	g.l	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	F	p
Localidad	3	673181.2	224394	21.3211	<0.0001
Error	87	915630.5	10524		
Total	90	1588811.7			

Germinación

La germinación fue evaluada durante 63 días; así mismo, se registró la temperatura ambiental mínima, con un promedio de 18° C, la temperatura media, con un promedio de 38°C y la temperatura máxima, con un promedio de 21° C. Los resultados obtenidos a partir del experimento de germinación indican que las localidades del Cerro el Chacateca y Cañada Morelos 2 germinaron en un menor número de días y obtuvieron la mayor tasa de germinación (Figura 11), seguidas por Cañada Morelos 1, así mismo, se puede observar que Cañada Morelos y Puente Colorado fueron las que germinaron en un mayor número de días y obtuvieron la menor germinación.

Con el fin de corroborar lo anterior, se aplicó un análisis de varianza de una vía con los datos de la germinación total, es decir, los pertenecientes al día 63, dicho análisis indicó que existen diferencias significativas entre las localidades (Cuadro 10), a partir de esto se realizaron los contrastes correspondientes entre localidades, los cuales mostraron que el Cerro el Chacateca y Cañada Morelos 2 no son significativamente diferentes ($t = 0.838$, g.l. = 1, $p = 0.4049$). Así mismo, dichos contrastes indicaron que no existen diferencias significativas entre las localidades Cañada Morelos 1, Cañada Morelos y Puente Colorado ($t = 0.556$, g.l. = 1, $p = >0.5797$, $t = 0.355$, g.l. = 1, $p = >0.7233$, $t = 0.245$, g.l. = 1, $p = >0.8074$, respectivamente).

A partir del cálculo del T_{50} (Cuadro 9) los resultados obtenidos indican que las localidades de Cañada Morelos 2 y Cerro el Chacateca, son las que necesitaron menor número de días para alcanzar el 50% de la germinación, obteniendo un T_{50} de 14 y 21 días, respectivamente, por su parte para las localidades de Cañada Morelos, Cañada Morelos 1 y Puente Colorado (no difieren significativamente) los días transcurridos para

alcanzar el 50% de la germinación fueron más, obteniendo un T_{50} de 33, 35 y 45 días, respectivamente.

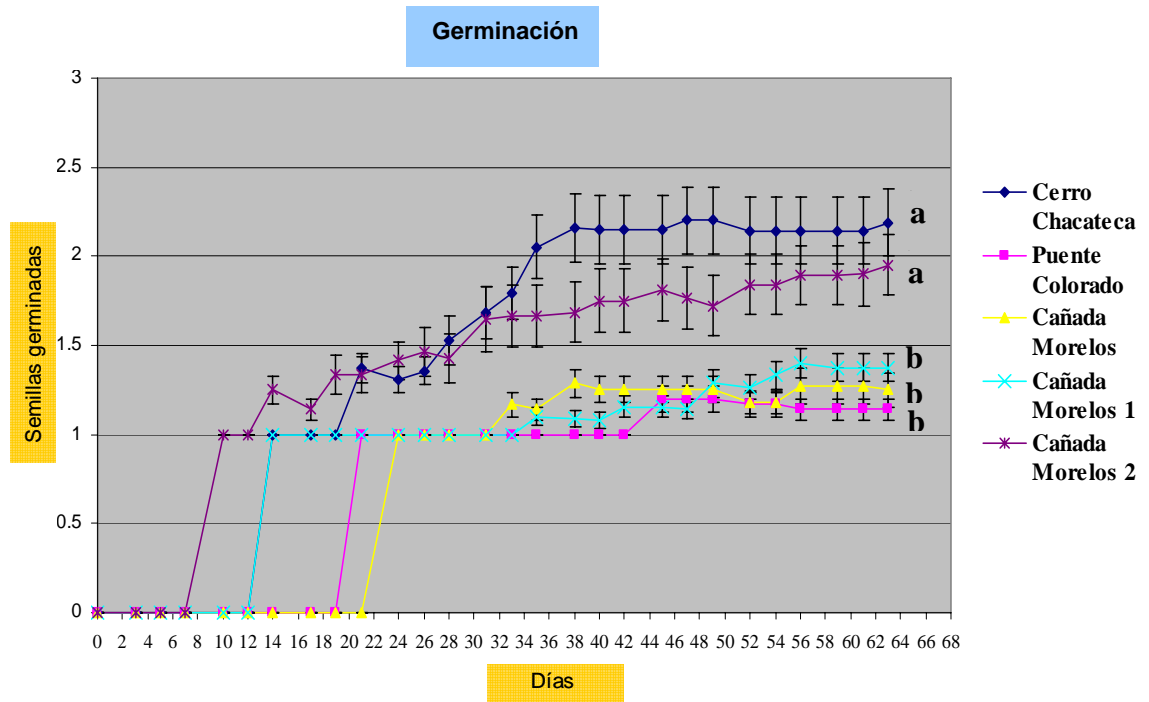


Figura 11. Promedio del número de semillas germinadas por localidad a través del tiempo de evaluación de la germinación, las barras representan el error estándar. La letra en minúscula representa si las localidades son significativamente diferentes o no, con base al análisis de varianza.

Cuadro 9. Porcentaje de germinación y tiempo para alcanzar el T_{50} de cada localidad.

Localidad	% de germinación	T50 (días)
Cerro Chacateca	23	21
Puente Colorado	4	45
Cañada Morelos	7.5	33
Cañada Morelos 1	11	35
Cañada Morelos 2	20.5	14

Cuadro 10. Análisis de Varianza de una vía de la germinación total por localidad

Fuente de variación	g.l	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	F	p
Localidad	4	12.666667	3.16667	3.7348	<0.0081
Error	72	61.047619	0.84788		
Total	76	73.714286			

Aplicación del criterio C del MER

Con base a los rangos y escalas numéricas propuestos para resolver este criterio, al realizar la sumatoria de las calificaciones obtenidas para todas las localidades para los aspectos de producción de flores, frutos, semillas y los porcentajes de germinación, se obtuvo una puntuación total de 31, valor que cae en el intervalo propuesto de 17 a 31 puntos, que corresponde de acuerdo al criterio C del MER a una vulnerabilidad biológica intrínseca media para la especie bajo estudio.

6.3 Integración de los criterios del MER

El integrar los cuatro criterios del MER y obtener una suma total igual a 11 puntos (Cuadro 11), permite considerar a *F. haematacanthus* dentro de la categoría de AMENAZADA, bajo la NOM-059.

Cuadro 11. Se muestra la integración de los cuatro criterios del MER, a través de la información generada.

Criterio del MER	Información generada para cada criterio	Valor obtenido dentro del criterio del MER
A Amplitud de la distribución del taxón en México	<ul style="list-style-type: none">• Evaluación Geográfica de Conservación• Mapa de distribución conocida	4 Distribución restringida
B Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón	<ul style="list-style-type: none">• Calidad del hábitat, con respecto a las actividades humanas• Especificidad del hábitat	2 Hábitat intermedio o limitante
C Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón	<ul style="list-style-type: none">• Eficiencia reproductiva	2 Vulnerabilidad media
D Impacto de la actividad humana sobre el taxón	<ul style="list-style-type: none">• Calidad del hábitat, con respecto a las actividades humanas	3 Impacto medio

Calificación total = 11

6.4 Especies asociadas a *Ferocactus haematacanthus*

En el cuadro 2 se presentan las especies que se asocian a *F. haematacanthus* en cada una de las localidades visitadas y también cuales de estas especies son endémicas a México. Se puede observar que la localidad del Cerro Chacateca es la que presenta un mayor número de especies asociadas, seguida por la localidad de Puente Colorado y las tres localidades de Cañada Morelos, las cuales al compartir las especies se reportan como una sola.

Cuadro 12. Especies asociadas a *Ferocactus haematacanthus* en cada una de las localidades visitadas, las especies endémicas se presentan en negritas.

Población	Género
Cerro Chacateca	<p><i>Agave stricta</i> <i>Agave kerchovei</i> <i>Agave potatorum</i> <i>Beucarnea purpusii</i> <i>Brahea dulcis</i> <i>Brahea nitida</i> <i>Dasiliryum acrotriche</i> <i>Dodonea viscosa</i> <i>Echinocactus platyacanthus</i> <i>Ferocactus robustus</i> <i>Mimosa lacerata</i> <i>Mitrocereus fulvisceps</i> <i>Nolina longifolia</i> <i>Pseudosmodingium multifoliolum</i> <i>Quercus sebifera</i></p>
Puente Colorado	<p><i>Agave potatorum</i> <i>Calliandropsis nervosus</i> <i>Corypantha pallida</i> <i>Dasyilirion acrotriche</i> <i>Echinocactus platyacanthus</i> <i>Ferocactus robustus</i> <i>Gymnosperma glutinosum</i> <i>Gochnatia hypoleuca</i> <i>Hechtia podantha</i> <i>Mammillaria sphacelata</i> <i>Mammillaria haageana</i> <i>Mammillaria mystax</i> <i>Quercus sebifera</i> <i>Rhus chondroloma</i></p>

Cañada Morelos	<i>Aeschynomene compacta</i> <i>Aralia humilis</i> <i>Castilleja lithospermoides</i> <i>Croton ciliatoglanduliferus</i> <i>Dodonaea viscosa</i> <i>Donnesllmithia coradata</i> <i>Fraxinus purpusii</i> <i>Gibasis consobrina</i> <i>Gibasoides laxiflora</i> <i>Gymnosperma glutinosum</i> <i>Heliotrophium confertifolium</i> <i>Heliotrophium canescens</i> <i>Hintonia latiflora</i> <i>Hoffmannseggia humilis</i> <i>Jefea pringlei</i> <i>Krameria cytisoides</i> <i>Lesquerela pueblensis</i> <i>Leucophyllum pringlei</i> <i>Mammillaria napina</i> <i>Neopringlea viscosa</i> <i>Polygala obscura</i> <i>Ptelea trifoliata</i> <i>Quercus sebifera</i> <i>Russelia obstusata</i> <i>Salvia thymiodes</i> <i>Sanvitalia fruticosa</i> <i>Sutherlandia frutescens</i> <i>Tradescantia crassifolia</i> <i>Vauquelinia australis</i>
-------------------	--

7. DISCUSIÓN

A nivel nacional los esfuerzos realizados para conservar la diversidad biológica *in situ*, a través del establecimiento de ANPs y RTPs, han resultado insuficientes. Inicialmente, el objetivo de establecer dichos sistemas ha sido englobar la mayor cantidad de especies y procesos para ser protegidos, sin dejar de ser objeto de

alteraciones naturales o artificiales; sin embargo el panorama real se aleja de dichos objetivos, ya que es evidente que distintos eventos tanto naturales como humanos, afectan cotidianamente las especies, sus poblaciones y los procesos que las mantienen.

Debido a lo anterior, resulta imposible conformarse únicamente con trazar los límites de las ANPs y RTPs con el fin de conservar la diversidad biológica. La necesidad de evaluar las condiciones al interior de cada una de estas se ha vuelto imperante, ya que el entendimiento detallado de la distribución geográfica de las poblaciones de las especies, de su capacidad de reproducción, de la identificación de los elementos del hábitat y de los factores o eventos naturales y artificiales que las afectan, es un requerimiento para lograr la conservación a largo plazo.

Cabe mencionar, que es imposible entender y evaluar los procesos en cada una de las poblaciones de las especies que componen la diversidad biológica presente en cualquier área natural, con el fin de protegerlas. Por ello, la tarea de seleccionar a las especies y sus poblaciones que merecen ser estudiadas es una labor difícil, aunque, afortunadamente siempre existe la posibilidad de priorizar con base en fundamentos objetivos. Bajo este contexto, las zonas áridas y semiáridas del país, presentan diversos grupos biológicos de plantas y animales que merecen cierta atención. Entre estos grupos de plantas, la familia Cactaceae es considerada como un grupo sensible a las afectaciones naturales y artificiales, debido a que presenta ciclos de vida muy largos y tasas de crecimiento muy lentas, además de estar sujeto a un fuerte comercio ilegal y de ser de gran importancia para el hombre.

Por lo tanto obtener información sobre la distribución geográfica de las especies, su capacidad reproductiva, las características de su hábitat y los factores y eventos tanto naturales como artificiales que las afectan resulta importante. En el caso de *Ferocactus*

haematacanthus los resultados muestran que se encuentra bajo condiciones que ponen en riesgo su permanencia. En primera instancia, varias de las localidades conocidas se encuentran fuera de los límites de la RBTC, siendo además, las localidades que cuentan con un mayor número de individuos; condición que desafortunadamente, es semejante para numerosas especies de cactáceas consideradas como susceptibles (NOM-059), entre las cuales podemos referir a *Ferocactus macrodiscus*, *Mammillaria hiutzilopochtli*, *M. kraehenbuelli*, *M. napina*, *M. pectinifera*, *Stenocactus crispatus*, etc., como ha sido encontrado en algunos estudios que se desarrollan actualmente de forma simultánea a este. Aunado a lo anterior, en estas localidades fuera de los límites de la reserva existe un número importante de especies endémicas con lo que esto pudiera significar.

En segunda instancia, la determinación de una especificidad de hábitat alta para la especie basada en algunos parámetros climáticos, indica que las localidades se encuentran confinadas a una combinación de condiciones que caracterizan su presencia, como son zonas de altitudes mayores a los 2,000 m, con humedad alta, bajas temperaturas y viento intenso, adquiere relevancia ya que indica que los requerimientos de la especie son muy específicos. Situación que ha sido documentada para *Ferocactus viridiscens* (Delgadillo, 2002) y otras especies de cactáceas, para las cuales se considera una característica inherente a dichos taxa (Hernández y Godínez, 1994, Godínez et al., 2003). Cabe mencionar que parámetros ambientales como las características físico-químicas del suelo, no fueron considerados, aunque se considera que definitivamente forman parte de la explicación de la especificidad de hábitat.

De igual manera, otros factores relacionados con su capacidad reproductiva permiten sugerir datos importantes del *status* de conservación de esta especie. En términos de la capacidad de producción de semillas, como un elemento de persistencia *Ferocactus haematacanthus* tiene una producción baja respecto a otras especies de su género, ya

que en promedio produce 178 semillas por fruto, mientras que *F. cylindraceus* produce en promedio hasta 629 semillas por fruto y *F. wislizeni* produce hasta 1033 semillas por fruto (McIntosh, 2002) así mismo, *F. histix* produce hasta 2200 semillas por fruto (Del Castillo, 1988).

Los experimentos de germinación realizados en invernadero, por su parte revelan un porcentaje bajo de germinación, ya que ninguna de las localidades alcanzó valores mayores al 25%. Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet (1998), reportan un porcentaje de germinación de entre 70-80% para *Ferocactus latispinus* y *F. flavovirens*. Aunado es esto en ninguna de las localidades visitadas fue registrado reclutamiento reciente. Por lo anterior, finalmente podemos sugerir que esta especie posiblemente tiene un importante problema de permanencia, en términos de que no existe evidencia de reclutamiento reciente, presenta un porcentaje bajo de germinación y una alta especificidad de hábitat.

Si a lo anterior, se suman los efectos negativos con respecto a las actividades humanas, a los que constantemente esta sometido el hábitat de la especie, como son principalmente la apertura de terrenos para la agricultura y la ganadería, es probable que algunas poblaciones de *F. haematacanthus* peligran. Ya que estudios en donde se aborda el estado de conservación de especies de cactáceas, coinciden en que factores como la destrucción de hábitats, la presencia de poblaciones dentro de los centros urbanos y la agricultura, la ganadería y la colecta excesiva de individuos pueden afectar las poblaciones de dichas especies, incidiendo en la fecundidad y/o la supervivencia de los individuos, afectando de esta manera el reclutamiento (Delgadillo, 2002; Martorell y Peters, 2005, Alvarez, *et al.*, 2004).

Otro aspecto relevante en términos del *status* de conservación de *F. haematacanthus*, es el de los efectos del cambio del cambio climático sobre su

distribución geográfica, ya que actualmente esta especie excede en mayor o en menor grado los límites del valle de Tehuacán. Sin embargo, Téllez-Valdés y Dávila-Aranda (2003) reportan que en un escenario futuro en el cual la temperatura se incrementa 2° C y la precipitación disminuye en un 10% con respecto a las condiciones climáticas actuales (aproximadamente el año 2060), su área de distribución se contrae 50%, por lo cual sus límites de distribución quedarían prácticamente restringidos al valle.

Finalmente, no obstante, que fueron evaluadas 4 localidades de esta especie, se considera de forma general, que su *status* de conservación puede ser considerado como en PELIGRO CRITICO dentro de las categorías de la UICN y como AMENAZADA bajo la aplicación del MER. Se considera además que para aquellas localidades que no fueron evaluadas, si los factores estudiados en las cuatro poblaciones son semejantes a los que ejercen presiones sobre las restantes, entonces se podría suponer que la especie efectivamente está en serio riesgo. Sin embargo, mientras esto no ocurra debemos considerar los resultados de este estudio como un modelo preliminar que brinda un panorama general del estado de la especie. Así mismo, se considera necesario realizar estudios a mayor detalle sobre la biología reproductiva de la especie, ecología, genética de poblaciones y sobre la tolerancia o susceptibilidad de la especie a los distintos factores que inciden sobre su hábitat; de esta manera se podrá conocer de forma definitiva su estado de conservación, permitiendo que los esfuerzos de conservación sean más eficientes.

Por lo tanto, las medidas propuestas para asegurar la conservación de *F. haematacanthus*, podrían ser por un lado, la conservación *in situ*, a través de la regulación local de los factores humanos que podrían estar afectándola; sin dejar a un lado las necesidades y demandas humanas. Y por otro lado, de manera más particular su incorporación en programas de conservación *ex situ*, como el proyecto del Banco de

Semillas desarrollado en la FES-Iztacala. Así mismo, este es un claro ejemplo que lleva a reconsiderar los límites de las áreas naturales protegidas, los cuales en ocasiones no han sido definidos de manera precisa, habiendo quedado fuera de su protección poblaciones de especies sensibles.. Así mismo, este es un claro ejemplo que lleva a reconsiderar que los límites de las áreas naturales en ocasiones o han sido definidos de manera precisa, habiendo quedado fuera de su protección poblaciones de especies clave, siendo esto relevante en términos de la conservación *in situ*.

8. CONCLUSIONES

- ❖ *F. haematacanthus* es una especie que pudiera estar en riesgo, debido a que se reconocen condiciones que pudieran estar afectando a las poblaciones estudiadas.
 - ❖ Se recomienda reconsiderar las categorías dentro de la UICN y NOM-059 en las que actualmente se encuentra la especie.
 - ❖ La metodología usada es un método rápido que puede ser un indicador para conocer el *status* de conservación de especies particulares, como son las cactáceas.
 - ❖ Dicha metodología, permitió conocer aspectos importantes sobre la distribución geográfica de la especie, elementos de su hábitat, su reproducción, y los factores que pudieran afectarla.
 - ❖ 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 manera definitiva.
 - ❖ Se propone incluir a la especie en el proyecto del Banco de Semillas desarrollado en la FES-Iztacala como una manera de asegurar su conservación a largo plazo.
-

10. APENDICES

Apéndice 1. Perfiles bioclimáticos de todas las localidades de *F. haematacanthus*. El número a la izquierda corresponde al parámetro enunciado en el cuadro 1. Valores mínimos y máximos; entre paréntesis el promedio y la desviación estándar

	PUEENTE COLORADO	CAÑADA MORELOS	SACABASCO	TECAMA- CHALCO	CERRO CHACATECA	SANTIAG O NOPALA
1	14.4-14.7 (14.5±0.07)	14.3-14.4 (14.4±0.03)	16-16.1 (16±0.04)	14.9-16 (15.5±0.78)	16.9-16.9 (16.9±0)	15.9-16.3 (16.1±0.34)
2	14.5-14.8 (14.6±0.06)	14.4-14.6 (14.5±0.03)	14-14 (14±0.01)	16.3-17.3 (16.8±0.71)	15.2-15.3 (15.3±0.05)	13.6-13.7 (13.6±0.06)
3	0.68-0.68 (0.68±0)	0.68-0.68 (0.68±0)	0.67-0.68 (0.68±0)	0.7-0.71 (0.71±0)	0.68-0.68 (0.68±0)	0.66-0.68 (0.67±0)
4	0.56-0.57 (0.56±0)	0.55-0.56 (0.56±0)	0.54-0.55 (0.54±0.01)	0.56-0.63 (0.59±0.05)	0.59-0.61 (0.6±0.01)	0.66-0.68 (0.67±0)
5	25.2-25.5 (25.3±0.07)	25-25.2 (25.1±0.04)	26.5-26.6 (26.5±0.07)	26-27.8 (26.9±1.27)	28.1-28.1 (28.1±0.06)	26.1-26.8 (26.5±0.49)
6	3.8-4.1 (3.9±0.07)	25-25.2 (25.1±0.04)	5.8-5.8 (5.8±0)	3.1-3.2 (3.1±0.07)	5.7-5.7 (5.7±0)	26.1-26.8 (26.5±0.49)
7	21.2-21.6 (21.4±0.08)	21.2-21.3 (21.3±0.02)	20.6-20.8 (20.7±0.07)	23-24.6 (23.8±1.19)	22.4-22.5 (22.4±0.06)	20-20.6 (20.3±0.39)
8	15-16 (15.5±0.34)	14.8-15.1 (15±0.04)	17-17.3 (17.1±0.12)	16-17.6 (16.8±1.13)	18.5-18.6 (18.5±0.04)	16.7-17.6 (17.1±0.65)
9	12.2-12.5 (12.3±0.05)	12.2-12.3 (12.2±0.02)	13.9-13.9 (13.9±0.02)	12.6-13.4 (13±0.54)	14.5-14.6 (14.6±0.05)	14.1-14.1 (14.1±0)
10	16.4-16.7 (16.5±0.06)	16.3-16.4 (16.4±0.02)	17.9-18.1 (18±0.06)	16.8-18 (17.4±0.85)	19-19.1 (19.1±0.04)	17.8-18.4 (18.1±0.43)
11	12.2-12.4 (12.3±0.04)	12.2-12.3 (12.2±0.02)	13.9-13.9 (13.9±0.02)	12.6-13.4 (13±0.54)	14.5-14.6 (14.5±0.05)	13.9-14.1 (14±0.18)
12	484-512 (500±8.09)	509-533 (518±4.49)	504-519 (514±7.37)	565-622 (594±40.34)	447-461 (454±9.43)	534-577 (556±30.41)
13	25-26 (25±0.28)	25-26 (25±0.27)	29-30 (29±0.24)	31-31 (31±0.12)	27-28 (27±0.31)	31-32 (32±1.05)
14	0	0	0	0	0	0
15	84-85 (84±0.42)	84-85 (85±0.11)	91-91 (91±0.14)	87-87 (87±0.04)	94-94 (94±0.18)	91-92 (91±0.96)
16	237-252 (244±4.44)	250-265 (256±3.07)	255-264 (261±4.43)	283-310 (296±19.02)	229-236 (232±5.19)	268-298 (283±21.45)
17	0	0	0	0	0	0
18	165-168 (167±0.87)	167-171 (169±0.71)	179-199 (186±10.32)	239-247 (243±5.31)	190-192 (191±1.14)	191-193 (192±0.83)
19	21-24 (22±0.88)	22-23 (23±0.16)	18-20 (19±0.56)	19-20 (20±0.51)	14-14 (14±0.27)	18-23 (20±3.41)

Apéndice 2. Fotografías de *Ferocactus haematacanthus*



Ferocactus haematacanthus en fructificación en el mes de abril.



Ferocactus haematacanthus en floración y fructificación en el mes de abril.



Plántulas de *F. haematacanthus*.

9. BIBLIOGRAFÍA

Alejos, V. L. P.; J. E. Campos C.; P. Dávila A.; M. Martínez-García. Normatividad para la conservación de las especies mexicanas: el caso de la cactácea columnar

Neobuxbaumia macrocephala (Weber) Dawson, bajo criterios del Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER). Ciencia y Desarrollo en internet.

<http://www.conacyt.mx/comunicacion/revista/ArticulosCompleto/pdf/Normatividad.pdf>

Alvarez, R., H. Godínez-Alvarez, 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.

Arias, M. S., S. Gama-López y L. U. Guzmán. 1997. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Cactaceae. Fascículo 14. Inst. Biol. UNAM, México, D.F. 20-22.

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 Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany*. 55(1):129–166.

Conabio, 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

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

Dávila, A. P. D., J. L. Villaseñor R., R. Medina L., A. Ramírez R., A. Salinas T., J. Sánchez K., y P. Tenorio. 1993. Listados florísticos de México: flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. Instituto de Biología. UNAM. 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 (Environmental Research Institute) 2000. ArcView 3.2. Redlands, California.

Godínez-Álvarez. H y Valiente-Banuet. A. 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.

Halfter, G. 1962. Explicación preliminar de la distribución geográfica de los Scarabeidae mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*. 5:1-17.

Halfter, G. 2003. Biogeografía de la entomofauna de montaña de México y América Central. En: *Una perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. México, D. F: Prensas Ciencias. UNAM. Pp 87-97.

Hartman, H. T y D. E. Kester. 1975. Plant propagation, principles and practices. 3 ed. Prentice Hall. New Jersey. Pp. 153-154.

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

Houlder, D. J., M. F. Hutchinson, H. A. Nix, and J. P. McMahon. 2000. ANUCLIM 5.1. User guide. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Canberra.

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.

McIntosh, M. E. 2002. Plant size, breeding system, and limits to reproductive success in two sister species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Plant Ecology* 162: 273-288

Peters, R. E. y D. C. Martorell. 2000. Conocimiento y conservación de las mamilarias endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Reporte final de proyecto. CONABIO

Marshall, C. J y J. K. Liebherr. 2000. Cladistic biogeography of the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography*. 27:203-216.

Martorell, C. y E. Peters 2005. The Measurement of Chronic Disturbance and its Effects on the Threatened Cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124: 119–207.

Morrone, J. J. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology*. 51:467-494.

NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de la Federación. 6 marzo del 2002. Segunda Sección. 1-84

Reséndiz-Melgar, R. C., J. D. Melgoza y J. A. Lemus-Espinal. 2005. Forrajeo del ganado caprino en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Rev. Ciencia Forestal en México* 30(97): 45-62.

Reyes, S. J., R. A. Gutiérrez y B. J. Sevilla. 2006. Producción de cactáceas y suculentas mexicanas. *Succus. Boletín de la Sociedad Mexicana de Cactología* 2: 1-8

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14:3-21.

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

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.

Vischi, N. *et al.* 2004. Six endemic plant species from central Argentina: an evaluation of their conservation status. *Biodiversity and Conservation* 13: 997–1008

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.

Walter, K. S. y H. J. Gillet [eds]. 1998. 1997 IUCN Red List of Threatened Plants
Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. IUCN-The World conservation
Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 378p.