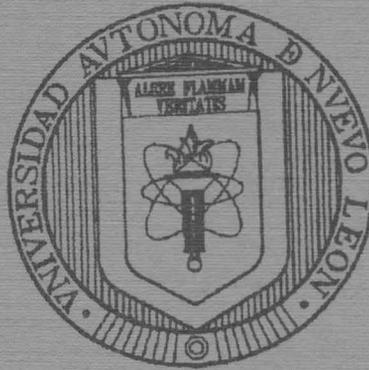


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



Características biológicas de Cactáceas del noreste de México
en relación al estado de riesgo de extinción

TESIS DE MAESTRIA

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

BIOL. JOSE GUADALUPE MARTINEZ AVALOS

Linares, Nuevo León, México

Febrero 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



Características biológicas de Cactáceas del Noreste de México
en relación al estado de riesgo de extinción

BIOL. JOSÉ GUADALUPE MARTÍNEZ AVALOS

TESIS DE MAESTRÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

BIOL. JOSE GUADALUPE MARTINEZ AVALOS

Linares, Nuevo León, México

Enero de 1998

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

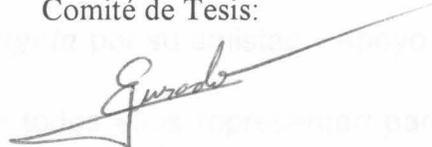
Facultad de Ciencias Forestales
División de Estudios de Postgrado

Características biológicas de cactáceas del noreste de México en relación al estado de riesgo de extinción.

Tesis de Maestría
Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Forestales
Presenta:

BIÓL. JOSÉ GUADALUPE MARTÍNEZ AVALOS

Comité de Tesis:



DR. ENRIQUE JURADO YBARRA
Presidente



DR. OSCAR AGUIRRE CALDERÓN
Secretario



DR. HORACIO VILLALÓN MENDOZA
Vocal

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

Los estudios de Maestría y la elaboración de este trabajo de tesis, fueron realizados con entusiasmo gracias al apoyo recibido por parte de varias autoridades nacionales e internacionales, así como de numerosas personas.

Al Instituto de Ecología y Evolución de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, que permitió el desarrollo de este trabajo de tesis, y al Instituto de Ecología y Evolución de la Universidad Nacional Autónoma de México, que me permitió el desarrollo de este trabajo de tesis.

A mis padres: Sr. *José Ángel Martínez Hernández* y Sra. *María de la Luz Avalos de Martínez* quienes siempre me acompañaron.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que me apoyó a través de una beca concurrencial durante los años de cursos (N° Reg. 4075).

A mi querida esposa *Gisela Gallegos Hernández*, por su amor, su apoyo incondicional y su enorme paciencia.

A mi querida esposa *Gisela Gallegos Hernández*, por su amor, su apoyo incondicional y su enorme paciencia.

A mis dos pequeños: *Rodolfito* y *Giselita* quienes soportaron mi ausencia interrumpida durante mis estudios.

A mis dos pequeños: *Rodolfito* y *Giselita* quienes soportaron mi ausencia interrumpida durante mis estudios.

A mis hermanos: *Ramiro*, *Rossy*, *Horacio*, *Jorge* y *Fidencio*, por su cariño y su apoyo.

A mis hermanos: *Ramiro*, *Rossy*, *Horacio*, *Jorge* y *Fidencio*, por su cariño y su apoyo.

A mi querida cuñada *Angela* por su amistad y apoyo.

A mi querida cuñada *Angela* por su amistad y apoyo.

Sin el apoyo moral que todos ellos representan para mí, sería más difícil realizar, éste y cualquier otro trabajo.

Sin el apoyo moral que todos ellos representan para mí, sería más difícil realizar, éste y cualquier otro trabajo.

Al Dr. Oscar Aguero Calderón por formar parte de la comisión de tesis, pero sobre todo por su apoyo académico durante los momentos difíciles.

Al Dr. Oscar Aguero Calderón por formar parte de la comisión de tesis, pero sobre todo por su apoyo académico durante los momentos difíciles.

Al Dr. Horacio Valdez Mendoza por su apoyo incondicional y por hacer numerosas observaciones al analizar el trabajo.

Al Dr. Horacio Valdez Mendoza por su apoyo incondicional y por hacer numerosas observaciones al analizar el trabajo.

Al Dr. Humberto Suran Azpit, por aceptar ser el asesor externo de este trabajo, y compartir decisiones para el mejoramiento de esta tesis.

Al Dr. Humberto Suran Azpit, por aceptar ser el asesor externo de este trabajo, y compartir decisiones para el mejoramiento de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

Mis estudios de Maestría y la elaboración de este trabajo de tesis, fueron realizados con entusiasmo gracias al apoyo recibido por parte de varias instituciones nacionales e internacionales, así como de numerosas personas.

El Instituto de Ecología y Alimentos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, me permitió todo el tiempo que dediqué a estas actividades. Mi agradecimiento a la Institución y a las personas que tomaron la decisión de apoyarme.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) me apoyó a través de una beca complementaria durante dos años de cursos (N° Reg. 93751).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) mediante el apoyo del proyecto N° H149, financió las salidas a campo y la compra de equipo y material de laboratorio.

Agradezco profundamente a todas las personas de quienes directa o indirectamente recibí apoyo durante mis estudios y durante la realización de este trabajo. Aprovecho este espacio para agradecer:

Al Dr. Carlos Gutiérrez Núñez., quien fuera director del Instituto de Ecología y Alimentos de la UAT, y que sembrara el interés en mi persona para continuar con mis estudios de superación.

Al Dr. Enrique Jurado Ybarra por aceptar ser director de este trabajo, por la confianza que depositó en mí, por sus acertados comentarios y sugerencias además de sus observaciones y valiosos consejos.

Al Dr. Oscar Aguirre Calderón por formar parte de la comisión de tesis, pero sobre todo por su apoyo académico durante los momentos difíciles.

Al Dr. Horacio Villalón Mendoza por su apoyo incondicional y por hacer numerosas observaciones al finalizar el trabajo.

Al Dr. Humberto Suzán Azpiri, por aceptar ser el asesor externo de este trabajo, y compartir decisiones para el mejoramiento de esta tesis.

Al Dr. Javier Jiménez, Dr. Jesús Navár Ch. y Dra. Laura Scott quienes fueron durante mi estancia los Subdirectores de Postgrado y me apoyaron en diversas actividades de trabajo.

Mis sinceros agradecimientos a los encargados de los Herbarios: de la Universidad Estatal de Arizona, Universidad de Texas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Universidad Autónoma de Tamaulipas y Facultad de Ciencias Forestales, así como también al Jardín Botánico del Desierto de Phoenix, Az., Jardín Botánico Hernández X, de la FCF en Linares, Nuevo León, por permitir hacer uso de sus colecciones durante mi estudio.

Agradezco también a los Señores Don Manuel y Don Lázaro trabajadores del Jardín Botánico de esta facultad por apoyarme en la siembra y manejo del material colectado en campo.

Al M en C. Luis Rocha D. por su apoyo en material de herbario, laboratorio y del jardín botánico.

Agradezco especialmente a todo el plantel de maestros de la FCF por el entusiasmo que pusieron para mi superación y de mis compañeros durante nuestra estancia como estudiantes: Dr. Enrique Jurado Ybarra, Dr. Oscar Aguirre C., Dr. Horacio Villalón M., Dr. Javier Jiménez P., Dr. Jesús Navár Ch., Dr. Fortunato Garza O., Dr. Eduardo J. Treviño., Dr. Cesar Cantú A., Dr. Fernando González., Dr. Ricardo López A., Dr. Alfonso Martínez, Dr. Antonio Domínguez, Dr. José Cruz, Dr. Jaime Flores, Dr. José G. Marmolejo., Dr. Humberto González., Dra. Von Roth. A todos ellos gracias por sus clases y su amistad.

Agradezco a todos mis compañeros de generación por los momentos compartidos. A Jorge Méndez, Feliciano Heredia, Salvador Valenzuela, José Cruz, Miguel Pérez y Celeste Benítez.

Agradezco a todo el personal administrativo en particular a las secretarias: Elsa Garza de Marmolejo, Rosy Botello, Diana Moreno, Claudia Flores, Sandra Rodríguez, Claudia Castillo y Claudia Dueñas, por su apoyo incondicional y su hospitalidad.

Al Ing. Oscar Ramírez y Srita. Paulina Bazaldúa por su apoyo en la Biblioteca durante mis estudios.

A mis compañeros del Laboratorio de Ecología: Biól. Mónica Ibarra y Sergio Valdez, quienes compartieron conmigo algunos comentarios relacionados con este trabajo.

Agradezco también al personal del Instituto de Ecología y Alimentos UAT, MVZ Matilde Lara Llerena, M en C. Manuel Lara Villalón, Lic. Pablo Moreno, Lic. Oralia Acuña, Ing. Luisa Trejo H. y Dra. Claudia González Romo por su apoyo en diversas actividades académicas y administrativas.

| | |
|--|-----|
| Lista de Figuras | VII |
| Lista de Cuadros | IX |
| Índice | X |
| Resumen | XI |
| Contenido | XII |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Hipótesis | 2 |
| 1.2. Objetivo General | 3 |
| 1.3. Objetivos Particulares | 3 |
| 1.4. Justificación | 4 |
| 2. Antecedentes | 5 |
| 2.1. Estudios de tipo taxonómico | 5 |
| 2.2. Estudios de morfología | 7 |
| 2.3. Estudios de dinámicas poblacional y biología floral | 8 |
| 3. Descripción de la Zona de Estudio | 12 |
| 3.1. Localización Geográfica | 12 |
| 3.2. Fisiografía | 12 |
| 3.3. Geología | 15 |
| 3.4. Suelo | 18 |
| 3.5. Vegetación | 21 |
| 3.6. Clima | 23 |
| 4. Metodología | 27 |
| 4.1. Listado de especies de cactáceas del noreste de México | 27 |
| 4.2. Elaboración de la base de datos y elección de características biológicas | 27 |
| 4.3. Itinerarios consultivos para la obtención de datos biológicos y morfológicos de cactáceas | 31 |
| 4.4. Análisis de asociación | 31 |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|--------|
| Dedicatoria | I |
| Agradecimientos | II |
| Tabla de Contenido | V |
| Lista de Tablas | VII |
| Lista de Figuras | VIII |
| Lista de Cuadros | IX |
| Resumen | X |
| Summary | XI |
| | |
| Capítulo | Página |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Hipótesis | 3 |
| 1.2. Objetivo General | 3 |
| 1.3. Objetivos Particulares | 3 |
| 1.4. Justificación | 4 |
| 2. Antecedentes | 5 |
| 2.1. Estudios de tipo taxonómico | 5 |
| 2.2. Estudios de morfología | 7 |
| 2.3. Estudios de dinámica poblacional y biología floral. | 8 |
| 3. Descripción de la Zona de Estudio. | 12 |
| 3.1. Localización Geográfica | 12 |
| 3.2. Fisiografía | 12 |
| 3.3. Geología | 16 |
| 3.4. Suelo | 18 |
| 3.5. Vegetación | 21 |
| 3.6. Clima | 21 |
| 4. Metodología | 27 |
| 4.1. Listado de especies de cactáceas del noreste de México. | 27 |
| 4.2. Elaboración de la base de datos y elección de características biológicas. | 27 |
| 4.3. Herbarios consultados para la obtención de datos biológicos y morfológicos de cactáceas. | 31 |
| 4.4. Análisis de asociación | 31 |

| | |
|---|----|
| 4.5. Análisis de Componentes Principales | 31 |
| 5. Resultados | 33 |
| 5.1. Listado de especies de cactáceas del noreste de México. | 33 |
| 5.2. Base de datos y características biológicas. | 35 |
| 5.3. Análisis de Asociación. | 35 |
| 5.4. Análisis de Componentes Principales (PCA). | 42 |
| 6. Discusión | 44 |
| 6.1. Listado de cactáceas del noreste de México. | 44 |
| 6.2. Características biológicas de las cactáceas en relación al riesgo de extinción. | 45 |
| 7. Conclusiones y Recomendaciones. | 54 |
| 8. Bibliografía. | 56 |
| Apéndice 1 | 66 |
| Tabla 1. Comparación de tamaños de diámetro en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 34 |
| Tabla 2. Comparación de tamaños de las flores en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 36 |
| Tabla 3. Comparación de tamaños de semillas en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 37 |
| Tabla 4. Comparación de las formas de propagación entre cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 40 |
| Tabla 5. Comparación de la producción de frutos en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 41 |
| Tabla 6. Variación explicada por cada componente utilizado. | 42 |

Lista de Tablas

| Tabla | Página |
|--|--------|
| Tabla 1. Comparación de tamaños de diámetro en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 34 |
| Tabla 2. Comparación de tamaños en altura en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 35 |
| Tabla 3. Comparación de la coloración de la planta en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 36 |
| Tabla 4. Comparación de tamaños de las flores en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 37 |
| Tabla 5. Comparación de tamaños de semillas en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 39 |
| Tabla 6. Comparación de las formas de propagación entre cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 40 |
| Tabla 7. Comparación de la producción de frutos en cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México | 41 |
| Tabla 8. Variación explicada por cada componente utilizado. | 42 |

Lista de Figuras

| Figura | Página |
|---|--------|
| Fig. 1. Número de géneros y especies de cactáceas conocidas en el noreste de México | 32 |
| Fig. 2. Géneros y especies de cactáceas más comunes del noreste de México.. | 33 |
| Fig. 3. Distribución de las características biológicas por componente | 42 |

RESUMEN
Lista de Cuadros

Cuadro presente estudio tuvo como objetivo determinar la conservación de las especies de cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción en México. Página

Cuadro 1. Géneros y especies de cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción por entidad federativa, según las listas de la IUCN, CITES y SEMARNAP.....33

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la existencia de características biológicas asociadas al estado de riesgo de extinción en un grupo de cactáceas de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Se elaboró un listado de especies de cactáceas para la región de estudio, mediante colectas de campo (realizadas de 1994 a 1997), consultas de ejemplares de herbarios y revisiones bibliográficas. Los atributos biológicos analizados en este estudio fueron: diámetro, altura, forma y color de la planta; tamaño, forma y color de las flores, frutos y semillas; distribución geográfica; propagación vegetativa y producción de frutos. Para la determinación de especies en categorías de riesgo de extinción, se consultaron las listas de IUCN, CITES y SEMARNAP. Se encontraron un total de 221 especies de cactáceas para la zona de estudio (39% del total de especies presentes en el país). Del total registradas, 73 especies fueron consideradas en riesgo de extinción (37% del total de especies amenazadas para México). El estado de Coahuila aportó el mayor número de cactáceas sin riesgo de extinción con 119 especies y 33 en riesgo de extinción. Tamaulipas tuvo 107 especies sin riesgo y 28 en riesgo de extinción y Nuevo León con 99 sin riesgo y 30 en riesgo de extinción. Los géneros con mayor número de especies fueron: *Mammillaria* (48), *Echinocereus* (27), *Opuntia* (25) y *Coryphantha* (24). Se detectaron siete características biológicas asociadas al estado de riesgo de extinción de las quince utilizadas en este estudio. Estos atributos fueron: diámetro, altura y color de la planta; tamaño de la flor y semilla; propagación vegetativa y producción de frutos. El entender las relaciones entre las características aquí estudiadas y el riesgo de extinción, permitirá elaborar planes de manejo compatibles con la conservación de las cactáceas.

SUMMARY

I. INTRODUCCIÓN

The aim of this study was to determine the presence of biological attributes associated to extinction risk for cacti in the states of Coahuila, Nuevo Leon and Tamaulipas. A list of species was made from field collections (from 1994 to 1997), as well as from herbaria and literature revisions. The biological attributes considered here were: diameter, height, shape and color of plants, flowers, fruits and seeds, geographical range, vegetative reproduction, and fruit production. For the determination of the species status the IUCN, CITES and SEMARNAP (Mexico) listings were analyzed. A total of 221 species were found in the region (i.e. 39% of the threatened spp. of Mexico). Of these 73 spp were considered at risk (i.e. 37% of the threatened spp of Mexico). The state of Coahuila had the highest number of species without risk (119) and 33 at some extinction risk. Tamaulipas had 107 species without risk and 28 at some extinction risk, while Nuevo Leon had 99 species without risk and 30 at some extinction risk. The genera with the higher number of species were *Mammillaria* (48), *Echinocereus* (27), *Opuntia* (25) and *Coryphantha* (24). Seven out of 15 analyzed traits were associated to extinction risk. These were: diameter, height, plant color, size of seed and flower, vegetative reproduction and fruit production. Understanding the relation between the traits studied in here and extinction risk will allow for better management and conservation of cacti.

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, la humanidad ha estado enfrentando una crisis ecológica a nivel mundial, debido a la pérdida de la biodiversidad como resultado de las transformaciones de los hábitats. Esto ha ocasionado que muchas especies vegetales y animales se encuentren en grave peligro de extinción, a tal grado que se estima que durante el próximo siglo se puedan extinguir más de la mitad de las especies presentes en el planeta (Erwin, 1991; May, 1988 y Toledo, 1994). Otros autores afirman que dicha desaparición de especies no resultará tan drástica como se espera (Budiansky, 1995). Sin embargo, el entendimiento de los procesos de extinción es muy limitado pues ni siquiera se conoce el total de especies existentes en el planeta (Rzedowski, 1991a; 1991b). Tradicionalmente se han realizado estudios sobre el riesgo de extinción y recuperación para especies en forma individual (Suzán *et al.* 1994; 1996; Ginzburg *et al.* 1982; Hutto *et al.* 1986; Menges, 1990; Gilpin *et al.* 1986), siendo realmente difícil poder estudiar las poblaciones de todas las especies en peligro de extinción con el detalle suficiente para poder elaborar un planteamiento para su rescate. De este modo, se hace necesario entender dinámicas generales o patrones de extinción para varias especies, o incluso familias enteras (Falk y Holsinger, 1991). La familia Cactaceae es una de las más amenazadas del reino vegetal (Hunt, 1992). Los factores que parecen atentar contra las especies de esta familia son: la destrucción del hábitat debido a diferentes actividades humanas y la extracción de grandes cantidades de individuos de especies con valores ornamentales para la venta clandestina (Jarvis, 1979; Sánchez-Mejorada, 1982; Fuller y Fitzgerald, 1987). Otro factor desfavorable es la distribución extremadamente restringida de algunas poblaciones que en ocasiones ocurren en condiciones edáficas muy particulares (Yeaton y Cody, 1979). Las cactáceas

presentan una gran diversidad de formas y tamaños, haciéndolas únicas a nivel mundial (Gibson y Nobel, 1986). Numerosos estudios han demostrado que esta variedad de formas y tamaños son estrategias adaptativas como una respuesta al medio donde se desarrollan (Barbour *et al.* 1987). La presencia de las cactáceas en los ambientes áridos y semiáridos de América es fundamental como alimento de algunos roedores granívoros y sus flores son importantes para palomillas, insectos y pequeños mamíferos que actúan como polinizadores (Grant y Grant, 1979a; 1979b; Fleming *et al.* 1996; Valiente-Banuet *et al.* 1996). De este modo, las combinaciones de características biológicas y ecológicas inherentes hacen que algunas cactáceas sean vulnerables a los factores de perturbación (Barrett y Kohn, 1991). Dentro del reino vegetal, las cactáceas sobresalen de otros grupos por la succulencia de sus tejidos almacenadores de agua, la ausencia de hojas en casi todas las especies, la presencia de espinas a lo largo de toda su gruesa cutícula epidérmica y la capacidad de soportar largos períodos de sequía (Nobel, 1988). Estas características, más el clima y el tipo de suelo donde crecen, influyen en la coloración de las plantas, la cual sirve como protección de la radiación solar y de los depredadores naturales (Morse y Henifin, 1981). Puesto que un alto porcentaje de especies en esta familia se encuentra en riesgo de extinción, aquí se plantea la existencia de características asociadas a este riesgo, de tal manera que a través de un entendimiento de la posible asociación entre características biológicas y el riesgo de extinción se pueda elaborar planes de conservación con impacto en muchas especies.

1.2 HIPÓTESIS

- Existen características biológicas en cactáceas del noreste de México fácilmente cuantificables asociadas al estado de riesgo de extinción.

1.3 OBJETIVO GENERAL

- Contribuir al conocimiento de las cactáceas del noreste de México, a través de la posible relación que guardan algunas características biológicas de este grupo de plantas con su estado de riesgo de extinción.

1.4 OBJETIVOS PARTICULARES

1. Elaborar un listado florístico para las cactáceas del noreste de México.
2. Elaborar una base de datos con las características biológicas de las cactáceas encontradas en la zona del noreste de México.
3. Determinar si existe una relación entre las características y el estado de riesgo de extinción de las especies.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El noreste de México es considerado por muchos autores como una de las zonas con mayor diversidad y endemismo de cactáceas del país. Las poblaciones naturales se han visto deterioradas en los últimos años a causa de la destrucción del hábitat y de la extracción ilegal de especies. Numerosos estudios poblacionales se han llevado a cabo en algunas especies amenazadas, pero esto ha tenido poco impacto sobre la conservación de las mismas. Debido a que son demasiadas las especies de cactáceas consideradas en peligro de extinción y lo difícil que resulta evaluar en forma individual un gran número de especies, de manera que se puedan tomar medidas de conservación de un grupo tan amplio como lo es la familia Cactaceae, surge la necesidad de conocer las principales causas que ponen en grave peligro a estas especies para que en un futuro inmediato se tomen medidas de conservación y rescate de familias enteras de plantas. Lo anterior podría darse mediante el entendimiento de los patrones de riesgo de extinción a los que están sometidas en su medio natural. Por esta razón se pretende analizar mediante comparaciones morfológicas entre especies en riesgo y sin riesgo de extinción a un gran número de cactáceas de la región del noreste de México, como una manera inicial para identificar las características que influyen en el riesgo de extinción de las mismas.

2. ANTECEDENTES

La familia Cactaceae, presenta una gran cantidad de características morfológicas que permiten ubicarlas como uno de los grupos con mayor diversidad de formas (Barthlott y Hunt, 1993). Sin embargo, estas variantes morfológicas en su mayoría son dadas por el ambiente donde crecen (Gibson y Nobel, 1986). A continuación se mencionan algunos de los trabajos más sobresalientes en taxonomía, morfología y dinámica poblacional realizados con la biología y conservación de las cactáceas.

2.1 Estudios de tipo taxonómico.

Anderson (1986) realizó una revisión del género *Neolloydia*. Durante su estudio, efectuó una comparación de este género con *Echinomástus*. Tomó en cuenta 26 caracteres e incluyó especies de los géneros *Gymnocactus*, *Turbincarpus*, *Rapicactus* y *Normambokea*. Integró 15 especies en el género *Neolloydia* basándose en microscopía electrónica de flores, frutos y semillas. En la actualidad este género comprende dos especies que son *N. conoidea* y *N. matehualensi*.

Anderson (1987) efectuó una revisión detallada del género *Thelocactus*, mediante características de granos de polen, semillas, flores y frutos, en especímenes de campo. Este estudio fue apoyado mediante fotografía electrónica de microscopio. Tomó en cuenta para este estudio 19 caracteres morfológicos, lo que le permitió hacer una separación de algunas especies de este género con las especies *Ferocactus hamatacanthus* y *Hamatocactus setispinus*.

Bravo (1978) y Bravo y Sánchez-Mejorada (1991a, 1991b) son consideradas como las obras más completas sobre estudios de caracterización

taxonómica en cactáceas mexicanas. Estas contribuciones aportan información sobre la descripción biológica y ecológica de más de 700 especies de cactáceas distribuidas en México. Los mismos autores, describen ampliamente la evolución y filogenia de este grupo de plantas.

Britton y Rose (1922-1923) realizaron una descripción detallada de las cactáceas, incluyendo además descripciones taxonómicas de los diferentes grupos de plantas. Este trabajo fue realizado en 4 tomos, e incluye una gran cantidad de especies con sus sinonimias además de una descripción de la distribución geográfica de las especies en forma muy general, en la actualidad es la base de muchos estudios de tipo taxonómico.

Hunt (1983-1987) realizó una revisión completa sobre el género *Mammillaria*, incluyó una descripción taxonómica detallada basada en análisis cromosómicos, comparaciones de características morfológicas entre especies y subespecies. Además integró la distribución geográfica de cada especie, así como una discusión entre especies muy emparentadas y la reagrupación de las mismas.

Taylor (1985-1988-1989) efectuó una revisión en forma discontinua del género *Echinocereus* e incluyó nuevas especies para México. Hizo un análisis del tamaño, forma y coloración de las flores en ejemplares de herbario y cultivados. Reportó para México y sur de Estados Unidos la distribución geográfica del género mediante descripciones del hábitat y mapas de distribución en forma muy detallada. En sus trabajos menciona a la parte sur de Estados Unidos y norte de México como la zona donde se distribuye el mayor número de especies de este género.

Taylor (1984) realizó una revisión detallada del género *Ferocactus*. Incluyó en su estudio cerca de 23 especies para México y Estados Unidos. Integró además la distribución geográfica de cada especie, así como las claves taxonómicas para su determinación.

Taylor (1978) en su estudio sobre la revisión del género *Escobaria*, integró un total de 19 especies para este género. Sus estudios fueron basados en revisiones de herbario, morfología de semillas y caracteres cromosómicos. Describió el tipo de hábitat donde crece cada especie así como la distribución geográfica de cada una.

2.2 Estudios de morfología.

Gibson y Nobel (1986) efectuaron varios trabajos referentes a la morfología y fisiología de este grupo de plantas, hacen referencia a la influencia de los factores bióticos y abióticos en la distribución y establecimiento de plántulas bajo condiciones naturales. Señalan como los factores bióticos más importantes relacionados con el establecimiento de plántulas a la humedad, luz solar y temperatura del suelo.

Gibson y Horak (1978) hicieron una comparación a nivel anatómico y filogenético de todas las cactáceas columnares de México, determinaron además la existencia de una estrecha relación entre las plantas suculentas de Norteamérica con las plantas de Sudamérica.

Rowley (1994) realizó una comparación entre polinizadores nocturnos y diurnos en cactáceas columnares y semi-columnares en diferentes puntos del continente Americano. Encontró que las abejas son polinizadores diurnos asociados a especies como *Myrtillocactus*, *Bergerocactus* y *Ferocactus*, mientras que los murciélagos son agentes nocturnos asociados a *Epostoa*,

Weberbauerocereus, *Micranthocereus*, *Pilosocereus* y *Sephalocereus*, entre otros. De igual forma las aves son polinizadores diurnos en su mayoría y están relacionadas con especies como *Orocereus*, *Matucana* y *Clesistocactus* entre otras.

Bregman y Bouman (1983) efectuaron una descripción de los procesos de germinación de 89 géneros de cactáceas, así como una comparación de las características morfológicas de las semillas. Concluyó que el opérculo (orificio de la semilla por donde generalmente inicia la germinación), en semillas se restringe únicamente a las subfamilias Cactoideae, Ceroideae y Pereskioideae, no encontrándose en la subfamilia Opuntioideae.

Bregman (1988), en su trabajo sobre las formas de dispersión de semillas en cactáceas, señala que las formas y características de las semillas son muy importantes para la dispersión de las mismas. Señala que la dispersión de semillas más común en cactáceas es dada por pequeños mamíferos y aves, además de la dispersión de semillas por el agua.

2.3 Estudios de dinámica poblacional y biología floral.

McGregor *et al.* (1962) establecieron por primera vez la metodología apropiada para evaluar agentes polinizadores y polinización en el Saguaro (*Carnegiea gigantea*), en el desierto Sonorense. Mencionan que durante cierto período de la noche, las flores de estas plantas permanecen abiertas para ser polinizadas por murciélagos. Estimaron además, el número de visitas efectuadas por murciélagos y el tiempo en que permanecen abiertas las flores hasta antes de ser polinizadas.

Hutto *et al.* (1986) determinaron la distribución espacial de *Carnegiea gigantea* con respecto a la presencia de plantas adultas y plántulas en espacios

abiertos y bajo plantas nodrizas. Determinaron que existe una fuerte asociación entre el cactus con las plantas nodrizas *Larrea tridentata* y *Prosopis juliflora*.

Turner *et al.* (1966) efectuaron un estudio sobre el trasplante de 3,299 plántulas de *Carnegia gigantea*, mostrando que el efecto de la sombra ("nodricismo"), producido por diferentes especies arbustivas, es indispensable para la sobrevivencia y desarrollo de las plántulas, así como la humedad retenida por las raíces de las plantas y la temperatura del suelo bajo las mismas nodrizas.

Parker (1989) analizó los patrones de asociación de cactáceas columnares en el desierto Sonorense con las plantas nodrizas. Menciona como funciones más importantes de las plantas nodrizas, la creación de un microclima, el cual es vital para el establecimiento de las plantas durante su fase juvenil.

Sánchez-Mejorada (1987) efectuó un estudio sobre el estado de conservación de doce especies de cactáceas amenazadas del noreste de México. Realiza un monitoreo muy general sobre las poblaciones de cada especie, llegando a la conclusión de que algunas actividades realizadas por el hombre son la principal causa de la extinción de muchas especies de cactáceas.

Valiente-Banuet *et al.* (1991a; 1991b; 1991c) realizaron un estudio completo sobre el efecto de nodricismo en *Neobuxbaumia tetetzo* en el Valle de Tehuacán en el centro de México. Asimismo, determinaron el establecimiento de plántulas bajo plantas nodrizas. Concluyeron que existe una fuerte asociación entre la planta nodriza *Mimosa luisana* con el cactus columnar, además esta planta brinda protección a las plántulas de *N. tetetzo* de la radiación solar y de los depredadores.

Valiente-Banuet *et al.* (1997) realizaron un estudio sobre la biología de la polinización de *Neobuxbaumia mezcalaensis* y *Neobuxbaumia macrocephala*, en

el Valle de Tehuacán en el centro de México. Encontraron que las flores de estas dos especies exhiben una antesis nocturna y son incompatibles y sus polinizadores principales son tres especies de murciélagos nectívoros (*Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris curasoae* y *Leptonycteris nivalis*), señalaron además que *N. mezcalaensis* es una especie androdíica, sistema muy común que aparece presente en cactáceas. *N. macrocephala* es un especie hermafrodita.

Flores-Martínez *et al.* (1994) determinaron la viabilidad de flores, frutos y semillas de *Neobuxbaumia tetetzo*, así como la relación que existe entre la especie anterior con las nodrizas *Mimosa luisana*. También, analizaron el establecimiento y desarrollo de individuos juveniles, además de los polinizadores y dispersores de semillas y polen. Concluyeron que la producción de hojas entre nudos, las inflorescencias y los frutos de *M. luisana* no se ven afectados por el crecimiento de los cactus columnares bajo el dosel de esas plantas perennes.

Suzán *et al.* (1994) evaluaron el papel de las plantas nodriza en la sobrevivencia de *Peniocereus striatus*, así como la dependencia del reclutamiento en la ecología floral y polinización. Detectaron fuertes asociaciones entre *P. striatus* y las plantas nodriza *Olneya tesota* y *Larrea tridentata*. Concluyeron que la deforestación de *O. tesota* y *Prosopis velutina* para la producción de carbón vegetal dentro del rango de distribución de la cactácea, ha ocasionado que esta especie sea vulnerable a la rápida degradación del hábitat en Sonora, México. Concluyen que la baja producción de frutos está en función de la escasez temporal y local de las palomillas (Esfíngide) necesarias para la polinización, debido a la aplicación de pesticidas en territorio mexicano.

Suzán *et al.* (1996) estudiaron la importancia de *Olneya tesota* como planta nodriza en el desierto Sonorense. Encontraron una fuerte asociación entre el

cactus columnar *Lophocereus schottii* y *P. striatus*. Observaron además que en espacios abiertos a la vegetación, el establecimiento de individuos de las especies anteriores es nulo, mientras que en sitios bajo la copa de *O. tesota* el establecimiento es mayor. Concluyeron que cuando existe un daño mecánico en las ramas de *O. tesota*, se produce mayor entrada de luz, alterando así la temperatura bajo la copa y por lo tanto la muerte de individuos jóvenes de *P. striatus*.

Hernández *et al.* (1995) determinaron la distribución geográfica de 93 especies de cactáceas amenazadas de la región del desierto Chihuahuense. Encontraron que los cuadrantes con mayor riqueza de especies están agregados en áreas de altitud moderada, ubicados en la parte sureste del desierto Chihuahuense, en el norte de San Luis Potosí y en el sur de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Concluyeron que los factores climáticos, tales como temperaturas mínimas y precipitación promedio, explican los patrones de distribución actual de estas plantas y los eventos climáticos del Pleistoceno parecen haber jugado un papel determinante en la existencia de áreas de alta concentración de especies y en la proliferación de endemismos restringidos.

Hernández *et al.* (1996) evaluaron 37 áreas ricas en especies dentro de la región del desierto Chihuahuense, a través del uso de tres criterios: riqueza de especies, valores de conservación y complementariedad. La evaluación de estos parámetros permitieron establecer áreas prioritarias de conservación. Concluyeron que las áreas con mayor riqueza de especies y valores de conservación son la zona del Huizache, Tolimán, Cd. Victoria, Metztitlán, Cuatro Ciénegas, Jaumave y Xichú.

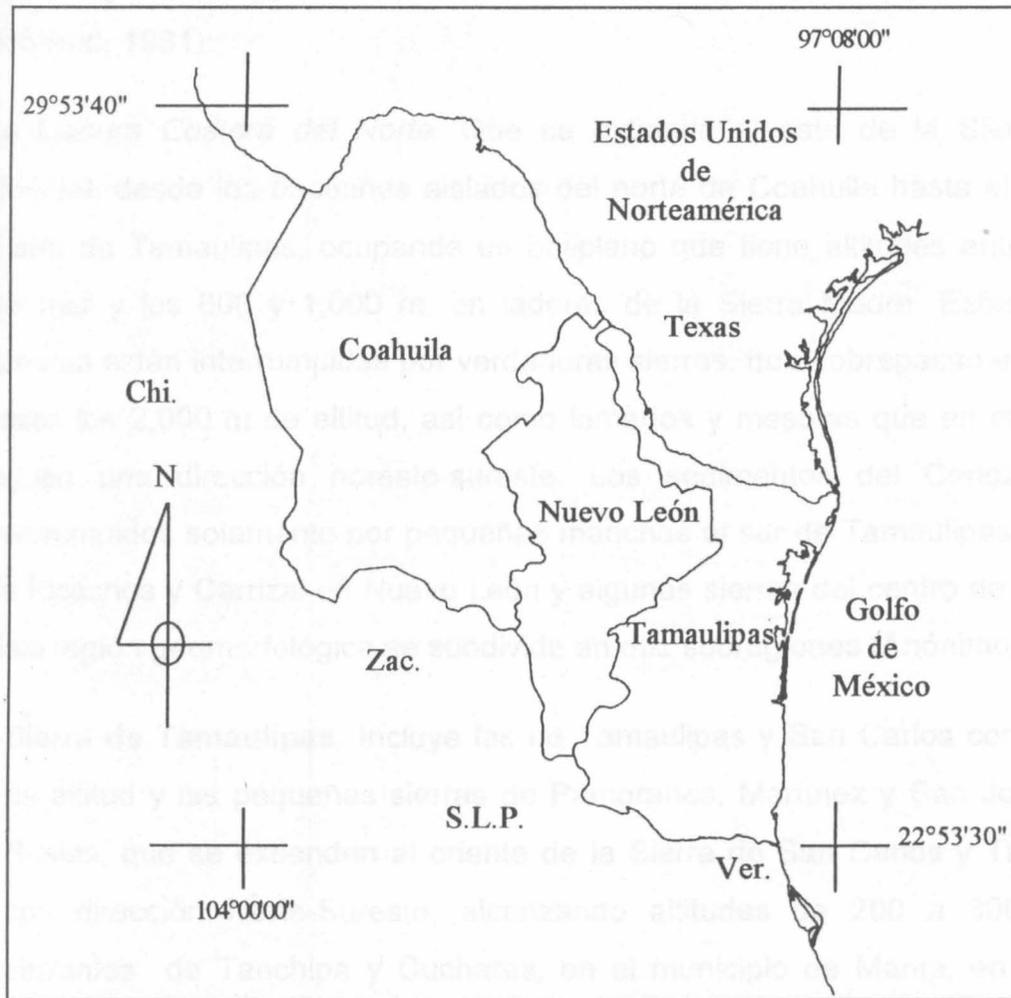
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 Localización geográfica.

El noreste de México comprende los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, así como parte de los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango (Rzedowski, 1955; Marroquín *et al.* 1976). Para este estudio en particular el trabajo se realizó únicamente en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, su ubicación geográfica está delimitada por los paralelos 104°00'00", 97°08'00" de latitud norte y en los 22°53'30", 29°53'40" de longitud oeste y cubren una superficie de 295,955 km² (Mapa, 1). Esta gran extensión representa el 15 % de la superficie total del país y está delimitada hacia el sur y suroeste con la zona centro-norte de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas; hacia el oeste con la zona norte de los estados de Chihuahua y Durango y hacia el norte, con el estado de Texas en la unión americana en su límite de aproximadamente 1,400 km, desde el recodo con las serranías del norte de Coahuila, hacia su desembocadura en el Río Bravo en el Golfo de México (Anónimo, 1981).

3.2. Fisiografía

La Sierra Madre Oriental hace su aparición del sureste y noroeste separándose del litoral a medida que se extiende hacia el norte, es el factor determinante en la delimitación de las regiones geomorfológicas (Anónimo, 1975). A la altura de Monterrey, N.L, su estructura está bien definida y se inclina bruscamente hacia el oeste, proyectando su dirección hacia la Sierra de Parras y hacia el norte, con grupos de serranías aisladas con dirección sureste y noroeste, alcanzando la Sierra de Burros y los Montes Chicos en Texas. Estas tres grandes



Escala: 1:16 000 000



Mapa 1. Localización geográfica de la región del noreste de México.

regiones geomorfológicas se pueden subdividir en varias subregiones como son (Anónimo, 1981):

1. La *Llanura Costera del Norte*. Que se extiende al este de la Sierra Madre Oriental, desde los bastiones aislados del norte de Coahuila hasta el sur de la Sierra de Tamaulipas, ocupando un bajiplano que tiene altitudes entre el nivel del mar y los 600 y 1,000 m, en laderas de la Sierra Madre. Estas grandes llanuras están interrumpidas por verdaderas sierras, que sobrepasan en algunos casos los 2,000 m de altitud, así como lomeríos y mesetas que en su mayoría siguen una dirección noreste-sureste. Los sedimentos del Cenozoico son interrumpidos solamente por pequeñas manchas al sur de Tamaulipas, la Sierra de Picachos y Carrizal en Nuevo León y algunas sierras del centro de Coahuila. Esta región geomorfológica se subdivide en dos subregiones (Anónimo, 1981):

- **Sierra de Tamaulipas.** Incluye las de Tamaulipas y San Carlos con 1,400 m de altitud y las pequeñas sierras de Pamoranés, Martínez y San José de las Rusias, que se extienden al oriente de la Sierra de San Carlos y Tamaulipas con dirección Norte-Sureste, alcanzando altitudes de 200 a 300 m. Las serranías de Tanchipa y Cucharas, en el municipio de Mante, en San Luis Potosí y Tamaulipas y parte de la Sierra Madre Oriental en donde sus altitudes no sobrepasan los 400 m.
- **Sierra del Norte de Nuevo León y centro norte de Coahuila.** Formadas por serranías del Cretácico Inferior de roca sedimentaria. Las principales son: Gomas, Minas Viejas, Fraile y Mitras que alcanzan más de 2,000 m de altitud localizadas al centro noroeste de Nuevo León. Otras sierras entre 1,000 y 2,000 m de altitud son: La Silla, Picachos, Gloria, Azul, Lampazos, Iguana, Santa Clara, Milpillás; se encuentran la Sierra de Papagayos, Lomas de

Vallecillo y Mamulique, Las Mesillas y El Lomerío de Los Peyotes, al noreste de Coahuila.

2. La *Sierra Madre Oriental*. Se extiende al arco Saltillo-Monterrey, hasta el Cofre de Perote en el centro este de Veracruz. Tienen una anchura de 150 km y conserva altitudes de 2,200 m alcanzando como máximo crestas de más de 3,600 m en los picos de Peña Nevada (4,056 m), La Viga (3,753 m) y Potosí (3,715 m) ubicados el primero y último en Nuevo León y el segundo en Coahuila.

3. El *Altiplano Septentrional*. Con altitud media de 1,000 m, se encuentra formado por llanuras enclavadas entre sierras aisladas que se levantan con dirección norte noroeste-sur suroeste. Se localiza al oeste de la Sierra Madre Oriental y está dividida en tres subregiones (Anónimo, 1981):

- **Bolsón de Mapimí.** Se localiza al noroeste y centro oeste del Estado de Coahuila y se extiende hasta Chihuahua y Durango. Tiene una extensión de más de 30,000 kms² y se caracteriza por depósitos sedimentarios que antiguamente formaban lagunas. Se caracteriza por su aridez y por carecer de corrientes permanentes bien definidas. Las Sierras que rodean esta zona, son las de Tlahualilo, Fragua, Madera, Perdida, Del Fuste y Del Pino.
- **Región del Salado.** Con una extensión de 80,000 km² que comprende la mayor parte del estado de San Luis Potosí, noreste de Zacatecas, noroeste de Nuevo León y Tamaulipas y sur de la Sierra de Parras en Coahuila. Esta región árida constituye una zona de carso, de manera que el escurrimiento superficial, es muy escaso, penetra en el interior de la masa caliza. Las serranías de Catorce (norte de San Luis Potosí), así como otro gran número de pequeñas serranías y lomeríos, interrumpen la horizontabilidad de este paisaje.

- **Sierra de cuencas de Coahuila.** Situada en el centro sur del estado de Coahuila y comprende todas las serranías y cuencas arréicas y endorréicas entre el Bolsón de Mapimí y las serranías que sirven como límite con la Llanura Costera Noreste. Las cuencas de las antiguas lagunas de Meyrán y Viesca con depósitos de aluvión de los ríos Nazas y Aguanaval, son dos importantes formaciones en el suroeste de Coahuila. Las cuencas intermontañas sedimentarias de menor importancia que las anteriores, se localizan entre las sierras de Alamitos, Payla, Chiflón Purísima, San Marcos, Fragua, Sacramento, San Blas del Carmen, de Cristo, de Santa Rosa y serranías del Burro en el centro y norte de Coahuila.

3.3. Geología

La historia geológica del noreste de México, se encuentra enmarcada en las eras Mesozoica y Cenozoica. La primera se inició hace algunos 230 millones de años y terminó hace algunos 70 millones de años. Se divide en tres grandes períodos: Triásico, Jurásico y Cretácico (Anónimo, 1981).

Durante el Triásico surgieron pequeñas porciones en la región de la Sierra Madre Oriental.

El Jurásico se encuentra con mayor amplitud que el anterior, también en pequeñas áreas de la Sierra Madre Oriental y El Salado, en el Altiplano Septentrional. Los sedimentos del Jurásico Superior se componen de estratos arcillo-arenoso-calcáreos con fósiles invertebrados, a saber: amonites, corales y otros grupos.

El Cretácico Inferior y Superior, son los más estudiados del área y se puede decir que los más importantes, ya que en este período se forma la Sierra Madre Oriental y serranías de la región. Está presentado por estratos de más de

300 m. de espesor de composición variada: pizarra, marga, caliza, caliza-arcillosa y fósiles marinos variados.

En el Cretácico Inferior se forman los plegamientos de la Sierra Madre Oriental y durante el Cretácico Medio y Superior, se produjo un levantamiento de las zonas de mares someros, formando una gran llanura, que con levantamientos sucesivos se transformó en la Altiplanicie Mexicana. Es probable que al finalizar este período, la llanura inmediata situada al este de la Sierra Madre Oriental (a más de 200 m de altitud), haya emergido al irse rellenando de materiales erosionados y al irse retirando paulatinamente las aguas del mar (Anónimo, 1981).

Hacia fines del Mesozoico hubo movimientos tectónicos, puesto que se nota variación de fases y de los fósiles y a principios del Cenozoico ocurrieron otros movimientos muy fuertes, a causa de los cuales el occidente del norte de Nuevo León quedó fuera del mar, porque ascendió el subsuelo del mar del Mesozoico Superior y quedó la región convertida en tierra firme. Estos movimientos orogénicos contribuyeron a la formación de sierras con dirección norte noroeste y sur suroeste y de oeste noroeste a este sureste (Anónimo, 1981).

A principios del Cenozoico en el Paleoceno las llanuras del noreste era un mar de poca profundidad. Hacia el Eoceno y Oligoceno se depositaron estratos arcillo-arenoso-calcáreo, y en los cuales el mar se fue retirando hacia el este. Estos estratos sedimentarios se localizan sobre la llanura al noreste de Coahuila, norte y centro-este de Nuevo León y casi todo Tamaulipas (Anónimo, 1981, 1975).

En estos períodos anteriores hubo otros movimientos tectónicos y finalmente a fines del Mioceno y principios del Plioceno, el fondo del mar se convirtió al este de la llanura costera en tierra firme. Estos depósitos del Eoceno al Mioceno son generalmente calcáreos y muy fosilíferos (Anónimo, 1981).

Durante el Pleistoceno no hubo movimientos tectónicos, quedando la superficie expuesta a la erosión y denudación. En este período reinaba un clima húmedo que en el transcurso del tiempo, ya en el reciente u Holoceno, cambió a clima semidesértico. La gran llanura costera del noreste está formada por sedimentos de este período del cuaternario que se asientan a su vez sobre mantos de calizas, areniscas y margas del terciario y asciende suavemente hacia el interior hasta entrar en contacto con la Sierra Madre Oriental y el Altiplano en altitudes entre 600 a 1,000 m (Anónimo, 1975).

3.4 Suelo

De acuerdo a la clasificación de la FAO-UNESCO (1980), la distribución de los suelos en el noreste de México es la siguiente:

- **Xerosols** (xeros, seco). Los suelos cálcicos se localizan en una gran extensión del altiplano, así como en extensiones considerables de los llanos esteparios del noreste. Se caracterizan por la presencia de un horizonte de acumulación de carbonato de calcio en el perfil del suelo. Este proceso de clasificación es debido a la escasez de lluvias, de ahí, la lixiviación incompleta. Los xerosols hápico se localizan en una pequeña extensión al este de la Sierra de San Carlos. En general los suelos son pobres en nitrógeno. No son aptos para la agricultura más que en pequeñas áreas de riego donde los suelos aluviales pueden ser aprovechados a pesar de las condiciones climáticas existentes (Flores, 1972).

- **Kastañozem** (castaños). Son suelos ricos en materia orgánica y con un matiz café en la superficie del suelo. Estos suelos se encuentran distribuidos en las llanuras esteparias del noreste, el cual contiene acumulación de cal o yeso en el perfil del suelo. Este suelo es bueno para la agricultura, se aprovecha especialmente en las orillas de los ríos en toda la llanura esteparia, principalmente en las cuencas del San Juan y el Salado.
- **Ermosols** (solitario). También conocidos como Yermosol. Son suelos arenosos planos del desierto, se encuentran localizados en tres grandes zonas: en el Altiplano Septentrional a la altura del suroeste de Nuevo León y norte de San Luis Potosí; en el mismo altiplano al centro noroeste de Coahuila y en el centro noroeste de Nuevo León. Por lo general en estos lugares los suelos son sencillos, con depósitos aluviales y en donde se observa en la parte superior del horizonte, cantidades importantes de sal, cal o yeso (Anónimo, 1975).
- **Fluvisols** (del latín fluvis, río). Son formados por depósitos aluviales recientes. Se localizan a lo largo de las riberas del Río Bravo desde Acuña, Coahuila a Matamoros, Tamaulipas en donde alcanzan su mayor anchura. También se encuentran en una gran extensión en el área de la Laguna Madre; depósitos de ríos Nazas y Aguanaval (Anónimo, 1981).
- **Rendzina**. Son suelos pegajosos y someros que están sobre calizas. Se localizan al oriente de la Sierra de Tamaulipas, del Río Soto la Marina hacia el sur donde se encuentra la Serranía de San José de las Rusias, siguiendo la planicie costera. También se encuentran hacia el sur de la Sierra de Tamaulipas y al oriente de la Sierra Madre Oriental a la altura de Xicoténcatl y Mante. Hacia el norte del litoral tamaulipeco, al oeste de la Laguna Madre se encuentran dos tipos de suelos: el Regosols dístico sobre la costa, es un suelo con débil desarrollo en su mayor parte arenoso, además de infértil y el Solonetz gléyico

que se encuentra un poco más desarrollado y son en su mayoría suelos senegosos y salinos (Anónimo, 1981).

- **Litosols** (pedregosos). Son suelos con roca dura y muy someros. Su factor limitante es la profundidad. Presentan una capa coherente e ininterrumpida y roca dura con un espesor de menos de 25 cm. Se localizan principalmente en las montañas asociados con Xerosols cálcicos, también llamados cafés de montaña poco aprovechables en la agricultura. Predominan en Litosols sobre el Xerosols en la Sierra Madre Oriental y en la Sierra de Tamaulipas y San Carlos, mientras que en las demás serranías del paisaje, el Xerosols está más presente en el nivel del suelo (Anónimo, 1981).
- **Vertisols** (del latín *verto*, voltear, invertir). Son suelos arcillosos de textura pesada con colores de café a negro que varían de acuerdo a la humedad presente en su superficie. Predominan en la Llanura Costera a la altura de la Laguna de San Andrés y Tampico y en el área de Victoria en Tamaulipas en el Vertisols pélico, connotativo de suelos con un color bajo (Anónimo, 1981).
- **Andosols y Cambisols**. Localizados dentro del Altiplano a la altura del estado de Zacatecas y se caracterizan por estar formados por materiales ricos en vidrios volcánicos (andosols). Son suelos con una importante acumulación de cal o yeso (Cambisols cálcico). Los Cambisols ócricos, son suelos forestales. Se localizan a la altura de la Sierra Madre Oriental y serranías de Tamaulipas, Cucharas, Chamal y Colmenas al sur de Tamaulipas (Anónimo, 1981).
- **Solonchaks ócricos** o suelos salinos pálidos. Se localizan al oeste de la Sierra Madre Oriental a la altura de los municipios de Galeana, Aramberri y Dr. Arroyo en el sur de Nuevo León. Este tipo de suelo se encuentra en áreas con vegetación de halófitos y matorral bajo, donde el perfil superficial presenta

acumulación de sales en combinación, en ciertos lugares con yeso y cal (Anónimo, 1981).

3.5 Vegetación.

Se sabe que la flora de México refleja en cierto modo una alta diversidad de climas y suelos, causados por la accidentada topografía y la compleja estructura geológica. Miranda y Hernández (1963, 1985) reportan para la parte del noreste los siguientes 15 tipos de vegetación: Palmares (*Sabal* sp.), Selva baja espinosa caducifolia, Matorral espinoso con espinas laterales, Izotales, Matorral inerme parvifolio, Crasi-rosulifolio espinoso, Vegetación de dunas costeras, Selva baja espinosa perennifolia, Pastizales, Agrupaciones de halófitos, Chaparrales, Bosque de escumifolios, Pinares, Encinares y Bosque caducifolio. González-Medrano (1972) cita para la vegetación de las zonas áridas del centro y noreste de México 18 tipos de vegetación con formas de vida arbóreas y sub-arbóreas como: Bosque o Selva baja espinosa subcaducifolia, Bosque de *Yuccas*, agrupaciones de *Myrtillocactus*, Matorral de nopal, Matorral alto subinerme, Matorral espinoso caducifolio, agrupaciones de *Yucca* y *Dasyllirion* asociaciones de *Agave lechuguilla* y agrupaciones de *Atriplex*, *Suaeda* y *Allenrolfea*. Otros tipos de vegetación presentes en el noreste de México son el matorral desértico micrófilo, Matorral desértico rosetófilo, Matorral crasicaule y otras asociaciones de halófitas, Mezquite-Opuntia-Pastizal determinados por Marroquín *et al.*, (1964), siguiendo la clasificación propuesta por Rzedowski (1961).

3.6 Clima

De acuerdo a García (1973) la diversidad de lluvias en el noreste de México, conforman junto con las temperaturas, las características bioclimáticas de

la región. Así mismo, la precipitación media anual en la región presenta variantes muy importantes. En general, las lluvias y temperaturas son mayores en la llanura costera tamaulipeca y decrecen a medida que se avanza hacia el altiplano, situado al oeste.

Los vientos del caribe representan el factor más importante en función de la cantidad de lluvias que de mayor a menor se distribuyen a medida que se adentra al centro del altiplano septentrional en el oeste de Coahuila. Por otra parte el relieve constituye el otro factor de gran importancia. La inclinación de la Sierra Madre Oriental y las Serranías de la Llanura Costera y Altiplano hacia el noroeste y sureste, determinando un contraste definido hacia uno y otro lado de las elevaciones (García 1973).

Hacia el este, o las laderas de barlovento, se concentran las lluvias, mientras que hacia el oeste, las laderas de sotovento son secas. La línea del Trópico de Cáncer que pasa al sur de Nuevo León y Tamaulipas, señalan en parte la zona térmica y regímenes térmicos, que solamente al sur de Tamaulipas señalan las diferencias específicas en cuanto a climas y vegetación (Anónimo, 1981).

La mayoría de la precipitación se concentra en la parte alta de la Sierra Madre Oriental, a la altura del municipio de Ocampo, Tamaulipas.

La precipitación alcanza 1,538 mm en esta población y llega a los 2,000 mm en las laderas de barlovento de la Sierra Madre Oriental, que en esta zona recibe los nombres de Sierra de Yerbabuena, Las Colmenas y Chamal. Con más de 1,000 mm están las Sierras de Tanchipa, Cucharas y Tula en las inmediaciones de la zona anterior. Otras pequeñas zonas se encuentran al norte

de Tampico a la altura de Punta Jerez. Las líneas isotérmicas señalan temperaturas medias anuales superiores a 24°C (Anónimo, 1975).

Las precipitaciones con más de 800 mm se concentran en la parte media y alta de las serranías de Tamaulipas y San Carlos, Sierra Madre Oriental a la altura de Santiago y de Zaragoza, Nuevo León (Anónimo, 1981).

Las isoyetas de 400 mm señalan la transición entre las zonas húmedas (más de 600 mm), y las zonas áridas (menos de 300 mm). Esta línea demuestra la importancia del factor relieve en el límite de lluvias. Hacia la parte occidental de la Sierra Madre Oriental, es decir el suroeste de Nuevo León y suroeste de Tamaulipas y las sierras de Coahuila (Burros, Mojada, Madera, Parras), son el límite de esta isoyeta (Anónimo, 1975).

Las precipitaciones menores medias anuales se presentan al oeste y suroeste de Coahuila y al centro oeste de Nuevo León. La precipitación es menor de 200 mm y crea zonas extremadamente secas. En Icamole, García, Nuevo León, la precipitación es 168 mm y en Torreón avanza 145 mm. Las temperaturas en el Altiplano son entre 16 y 20°C aún en las partes de mínima precipitación. Las oscilaciones térmicas son mayores de 14°C en la parte noreste de Nuevo León y centro y suroeste de Tamaulipas, donde las temperaturas medias llegan cerca de los 26°C (García, 1973).

En las zonas del Altiplano, al norte de Coahuila y parte del norte de Nuevo León, las temperaturas son entre 7 y 14°C, con variantes extremos. De acuerdo con García (1973) la región de estudio presenta tres zonas térmicas que son:

- a) Zona cálida, con temperatura media anual entre 22° y 26°C, se localizan en la Llanura Costera del Norte, al oriente de la Sierra Madre Oriental.

Las altitudes varían del nivel del mar hacia los 400 y 600 m de altitud al este de la Sierra Madre Oriental exceptuando el suroeste de Tamaulipas. La zona más cálida se localiza al este de Nuevo León y norte de Tamaulipas y sobre los municipios de Mante, González y Xicoténcatl al sur de Tamaulipas.

- b) Zona semicálida, con temperatura media anual entre 18° y 22°C, se ubica en casi toda su extensión sobre la Sierra Madre Oriental, Serranías del Altiplano y casi todo el estado de Coahuila.
- c) Zona templada, con temperatura media anual entre 12° y 18°C, se presenta en una gran extensión del altiplano septentrional, al sur de la Sierra de Parras y comprende desde las serranías transversales de Zacatecas, al sur del estado del mismo nombre, hasta el sur de Coahuila. Se incluye también el oeste del estado de San Luis Potosí.

Con respecto a los tipos de climas presentes en el noreste, se encuentran los cálido-húmedos o tropical lluvioso (**A**). Este tipo de clima se presenta en las laderas orientales de las serranías de Tanchipa, Cucharas, Tanchague y Chamal, y en las llanuras que comprenden gran extensión de los municipios de Aldama, Altamira, Tampico, Madero, González, Mante, Xicoténcatl y Gómez Farías en el sureste de Tamaulipas. Dentro de los climas de tipo (A), se encuentran los: 1. **Awo"** (**e**) Cálido subhúmedo o tropical de sabana; 2. **AW"** (**w**) (**e**) Cálido subhúmedo o Tropical de sabana intermedio en cuanto a grado de humedad (García, 1973).

Otro tipo de clima presente en el noreste de México son los Semicálidos (**A**)**C**, que abarca zonas de transición entre los climas cálidos y los templados; es decir, comprende las localidades más frescas de las primeras y las más cálidas de

los segundos; la temperatura media anual está comprendida entre 18° y 22°C. En este tipo de clima se observan principalmente en la parte media y baja de la Sierra Madre Oriental y Sierra de San Carlos y Tamaulipas. En esta zona podemos encontrar los tipos:

1. **(A)C (W''₀) (X') a(e)**. Climas semicálido, con temperatura media anual superior a los 18°C y la del mes más frío, inferior a los 18°, con verano fresco y presencia de canícula.
2. **(A)C (X') (W''₀)**. Semicálido, con lluvias esporádicas en todos los meses del año, principalmente a finales de verano y otoño. Presencia de canícula y verano fresco. Se localiza sobre la Sierra Madre Oriental y parte de la llanura al este de esta sierra, en Nuevo León y Tamaulipas.
3. **(A) C (W''₀) a (e)** Semicálido con verano fresco y presencia de canícula.

Climas del grupo **B**. Es el más general en la región noreste, se presentan variedades en cuanto a humedad del clima **BS** o seco estepario. El clima **BS** desértico, no tiene cambio en toda su gran extensión. En el sistema adoptado existen en cuanto a grado de humedad, el **BS₀** que es el más seco de los climas semisecos o esteparios (García, 1973). Dentro de este tipo de clima se encuentran los siguientes:

1. **BWhw'' (e)**. Muy seco o desértico, cálido con temperaturas media anual superior a 20°C con lluvias a fines de verano.
2. **BS₀ (h) hw'' (e')**. Estepario, el más seco de los **BS₀** (seco estepario), muy cálido con temperatura media anual, superior a los 22°C.
3. **BS₁ (h') hw'' (e)**. Estepario, el menos seco de los **BS₀**. Muy cálido, con temperatura media anual superior a los 22°C con lluvias en verano.

4. **BS₀ (h') w'' (e)**. Estepario, el más seco de los BS. Muy cálido, con temperatura media anual superior a 22°C con presencia de canícula.

Los climas **C** templados. Abarcan reducidas extensiones sobre la Sierra Madre Oriental y Sierra de Zacatecas. Se observa en la parte más alta de esta sierra a más de 2,000 y 2,500 m de altitud. La temperatura media anual es de 12° a 18°C y la precipitación media anual es de más de 800 mm. Las variantes de este tipo de clima son (García, 1973):

1. **C (w₂) (w) (e)**. Templado, el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano.
2. **C (w₁) a (e)**. Templado, el intermedio en cuanto a humedad de los subhúmedos, con lluvias en verano.
3. **C (w₀) (e)**. Templado, el más seco de los templados subhúmedos con lluvia en verano.

4. METODOLOGÍA

4.1 Listado de especies de cactáceas del noreste de México.

Para la realización del listado de cactáceas del noreste de México, se efectuaron de 1994 a 1997 numerosas colectas en la mayor parte de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Los ejemplares fueron depositados en el Herbario del Instituto de Ecología y Alimentos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), en el Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU) y en la colección del Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Para hacer más completo el listado de especies de cactáceas, se consultaron otros herbarios y trabajos florísticos realizados para la zona. Los listados de especies amenazadas, se obtuvieron de las listas de especies en peligro de extinción de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (IUCN) y de la Convención Internacional sobre el Tráfico Ilegal de Especies Silvestres de Flora y Fauna (CITES), además de la Norma-059 del Diario Oficial de la Federación de mayo de 1995.

4.2. Elaboración de la base de datos y elección de características biológicas.

La familia Cactaceae se caracteriza por su alto grado de evolución paralela en morfología vegetal (Barthlott y Hunt, 1993). Por esta razón, en este estudio se trató de incluir la mayor cantidad de características biológicas que pudieran reflejar una agrupación de atributos entre especies en riesgo y sin riesgo de extinción. Para este caso, se eligieron: la coloración y forma de la planta, altura y diámetro; forma, color y tamaño en longitud de la flor, fruto y semilla. Las características fueron medidas en ejemplares vivos y de herbario, otras fueron obtenidas de descripciones taxonómicas. Además se tomó en cuenta para este

estudio el tipo de propagación en forma natural, producción de frutos por individuo por año mediante observaciones en campo y la distribución geográfica por estado que comprende la zona de estudio. Para la elección de las especies en riesgo de extinción, sólo se integraron aquellas especies que realmente se conoce el estado de las poblaciones como lo son: especies con la categoría en Peligro de Extinción (E), Vulnerables (V) y Raras (R), aplicadas por la IUCN, para el listado del CITES sólo las especies incluidas en el Apéndice I, mientras que para la Norma-059 fueron utilizadas las especies con la categoría en peligro de extinción (P), amenazadas (A) y raras (R).

Para un manejo estadístico de los datos, fue necesario hacer una reclasificación de cada característica morfológica y biológica. De esta manera, para la longitud y diámetro de la planta se determinaron tres categorías de acuerdo a su tamaño: plantas de tamaño muy pequeño <10 cm, pequeño <20 cm, mediano <30 cm y grande >30 cm.

Para la forma de la planta se hizo la clasificación en especies de aspecto diminuto como los géneros *Ariocarpus*, *Stenocactus*, *Lophophora* y algunas especies del género *Turbinicarpus* etc., la forma semicolumnar a columnar que incluye a los géneros *Stenocereus*, *Myrtillocactus*, *Ferocactus* y *Pachycereus* entre otros y la forma globosa que abarca a los géneros *Mammillaria*, *Coryphantha* y *Echinocactus*.

El color de las cactáceas es muy variado, debido a la coloración aparente que dan en muchos casos las espinas o la cutícula de las mismas. Sin embargo, en este estudio fue necesario agrupar dos tipos de colores en las cactáceas estudiadas: "plantas de color diferente al verde", que incluye a aquellas especies de cactáceas que dan una tonalidad diferente al verde, debido a la coloración de las espinas y "plantas de color verde".

La longitud de la flor se clasificó en cuatro tamaños: flores de tamaño muy pequeño <3 cm, pequeño <6 cm, mediano <10 cm y grande >11 cm. Debido a que no es muy variable la forma de la flor, ésta se pudo agrupar en dos formas, flores de forma campanulada, semejante a una trompeta y las infundibuliformes que dan un aspecto abierto de los pétalos.

La coloración de la flor se caracterizó en dos formas: flores con colores que van desde el amarillo a tonos más claro como el blanco o crema, hasta los colores fuertes que van del rojo al rosa, pasando por el púrpura.

El tamaño del fruto en cactáceas, es otro atributo importante en este estudio ya que en algunas especies se ha determinado que dependiendo del tamaño es el número de semillas que contiene en su interior. Para este caso la clasificación se turnó en frutos pequeños <3 mm, medianos <6 mm y grandes >6 mm. En cactáceas los frutos son usualmente conspicuos, globosos u oblongos, indehiscentes con numerosas semillas. Sin embargo para este trabajo, se clasificaron los frutos en dos grupos: aquéllos de forma globosa y los de otras formas como las alargadas, claviformes, etc.

Los rangos de coloración de los frutos van desde los verdes a blancos, amarillos, rojos hasta los azul brillante de algunas cactáceas columnares. Los frutos analizados en este trabajo fueron agrupados en tres formas: frutos de color rojo a rosa, verde a café y de blanco a color claro o amarillo.

El tamaño de la semilla varía de 0.4 a 7.5 mm hasta los 12 mm en *Pterocactus spp.* especie de Sudamérica (Barthlott y Voit, 1997). Sin embargo, el tamaño promedio en cactáceas es de 1 a 2 mm. En esta ocasión, el tamaño de semillas se dividió en tres formas: semillas de tamaño pequeño <1 mm, mediano <2 mm y grande >3 mm.

La forma de la semilla es muy variada y esta diversidad de formas está dado por la configuración del hílum y el microfilum, además de la microestructura de la testa (Barthlott y Hunt, 1993). En este trabajo sólo se tomaron en cuenta dos formas que son: la globosa y las otras formas que encierran a las enconchadas o aplanadas de algunos géneros como *Astrophytum* y *Mammillaria*.

El color de la semilla está dado por el color de la testa. Generalmente los colores de las semillas son de color negro o café oscuro. Para este estudio, la coloración de las semillas se realizó de dos maneras: semillas de colores claros como las amarillas y rojizas de muchas especies del género *Mammillaria*, hasta las semillas oscuro como las del resto de las especies.

Para el tipo de propagación, se clasificaron en especies con propagación vegetativa poco común (que incluye a todas aquellas especies que se reproducen fácilmente por semilla en forma natural) y vegetativa frecuente (que abarca aquellas especies que aunque en forma natural se reproducen por semilla, pero que tienen la facilidad de reproducirse rápidamente por el desprendimiento de una parte de su cuerpo, como es el caso de la mayoría de las especies del género *Opuntia* y *Mammillaria*).

La producción de frutos anuales por especie, se dividió en dos grupos: especies que anualmente producen de 1 hasta 5 frutos y de 6 frutos a más. Para determinar la producción de frutos por planta al año, fuera de la época de fructificación, fue necesario observar los restos de los frutos adheridos a las areolas de las plantas.

Durante la elaboración de la base de datos, fue necesario excluir cerca de 10 especies debido a la escasez de información geográfica y biológica, de igual forma no fueron tomadas en cuenta algunas variedades ya que en algunas

aparentan ser muy similares a las especies tipo y la variación entre éstas sólo se da a nivel de estructura de polen o a nivel cromosómico.

4.3. Herbarios consultados para la obtención de datos biológicos y morfológicos de cactáceas.

Herbarios: Arizona State University (ASU), Universidad de Texas (UT), Herbario Nacional de México (MEXU), Desert Botanical Garden de Arizona (DBG), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y el herbario de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT).

4.4. Análisis de Asociación.

Para determinar la asociación entre características y el estado de riesgo de extinción, se efectuó la prueba de asociación, mediante el análisis de la χ^2 (ji cuadrada).

A continuación se describe la ecuación correspondiente a este análisis:

$$\chi^2 = \sum_{y=1}^k \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i}$$

Donde **fi** significa los datos observados y **Fi** los esperados.

4.5 Análisis de Componentes Principales (PCA).

Para reducir el número de características biológicas y poder generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos, se utilizó el PCA, restando de esta manera la dimensionalidad del problema para futuras investigaciones (Yamane, 1973, Zar, 1974). Para el PCA, solamente

se seleccionaron aquellas variables con valores cuantitativos, siendo siete las utilizadas.

Se determinó un total de 221 especies de cactáceas en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Apéndice 1). De acuerdo al total de especies registradas para México, la zona de estudio representa el 39% de la diversidad de cactáceas conocidas en el país (Fig. 1).



Fig. 1. Número de géneros y especies de cactáceas conocidas en el noreste de México.

El estado de Coahuila presentó el mayor número de especies (113) con los 11% de especies amenazadas en la zona de estudio. En el resto de las tres entidades comprendidas en el área de estudio, el mayor número de especies de cactáceas se registró en el estado de Nuevo León, la región de Morelos y el estado de Tamaulipas, mientras que para Tamaulipas el Valle de Juárez presentó el más alto índice de especies de esta familia. Se clasificaron 73 especies amenazadas (33%) en la zona de 477 conocidas en México. Coahuila presentó el mayor número de especies amenazadas con 33 especies (Cuadro 1).

5. RESULTADOS

5.1. Listado de especies de cactáceas del noreste de México.

Se determinó un total de 221 especies de cactáceas en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Apéndice 1). De acuerdo al total de especies reportadas para México, la zona de estudio representa el 39% de la diversidad de cactáceas conocidas en el país (Fig. 1).

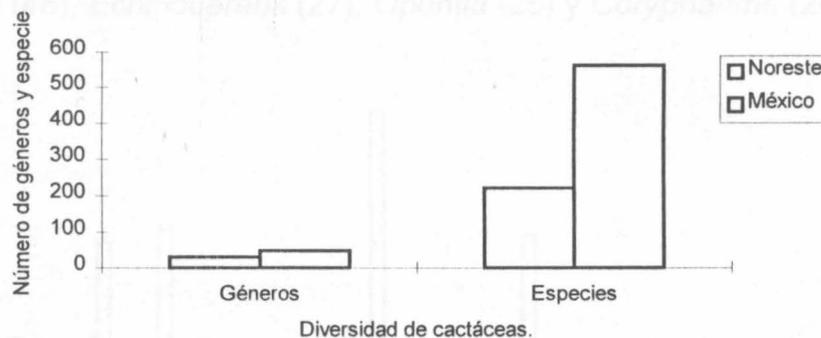


Fig. 1. Número de géneros y especies de cactáceas conocidas en el noreste de México.

El estado de Coahuila presentó el mayor número de especies (119 spp.) de las tres entidades contempladas en el área de estudio, siendo la región del Valle de Cuatro Ciénegas la más importante por su diversidad. En el caso de Nuevo León, la región de Mier y Noriega y Dr. Arroyo fueron las más importantes, mientras que para Tamaulipas el Valle de Jaumave presentó el más alto índice de especies de esta familia. Se detectaron 73 especies amenazadas (37%) en la zona, de 437 conocidas en México. Coahuila presentó el mayor número de especies amenazadas con 33 especies (Cuadro 1).

Cuadro 1. Géneros y especies de cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción por entidad federativa, según la IUCN, CITES y SEMARNAP.

| ESTADO | GÉNERO | ESPECIE | ENDÉMICAS | AMENAZADAS | IUCN | CITES | SEMARNAP |
|------------|--------|---------|-----------|------------|------|-------|----------|
| COAHUILA | 17 | 119 | 11 | 33 | 31 | 8 | 29 |
| NUEVO LEON | 24 | 99 | 12 | 30 | 30 | 14 | 30 |
| TAMAULIPAS | 28 | 107 | 15 | 28 | 28 | 13 | 28 |

Los géneros más abundantes encontrados en la zona de estudio fueron *Mammillaria* (48), *Echinocereus* (27), *Opuntia* (25) y *Coryphantha* (24) (Figura 2).

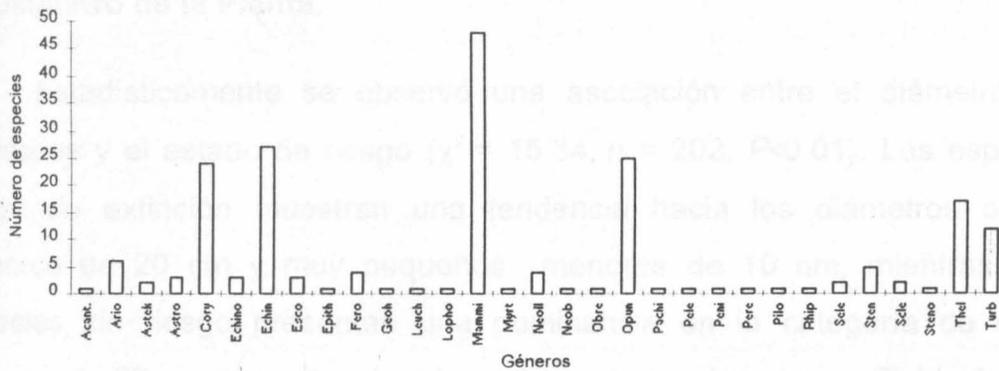


Fig. 2. Géneros y especies de cactáceas más comunes del noreste de México.

CLAVE: Acant= *Acanthocereus*, Ario= *Ariocarpus*, Astek= *Astekium*, Astro= *Astrophytum*, Cory= *Coryphantha*, Echino= *Echinocactus*, Echin= *Echinocereus*, Esco= *Escobaria*, Epith= *Epithelantha*, Fero= *Ferocactus*, Geoh= *Geohintonia*, Leuch= *Leuchtenbergia*, Lopho= *Lophophora*, Mammi= *Mammillaria*, Myrt= *Myrtillocactus*, Neoll= *Neolloydia*, Neob= *Neobuxbaumia*, Obre= *Obregonia*, Opun= *Opuntia*, Pachi= *Pachocereus*, Pele= *Pelecypora*, Pani= *Peniocereus*, Pere= *Pereskia*, Pilo= *Pilosocereus*, Rhip= *Rhipsalis*, Sele= *Selenicereus*, Sten= *Stenocactus*, Scle= *Sclerocactus*, Steno= *Stenocereus*, Thel= *Thelocactus*, Turb= *Turbinicactus*.

9.2 Base de datos y características biológicas.

Se elaboró una base de datos con 15 características biológicas para 202 especies de cactáceas. Del total de especies encontradas en la zona de estudio, 19 fueron excluidas del análisis estadístico debido a la ausencia de algunas características. De ahí, 129 fueron clasificadas como especies sin riesgo de extinción, mientras que 73 fueron reconocidas en algún estatus de riesgo de extinción. Los análisis estadísticos aplicados a cada variable biológica, arrojaron los siguientes resultados:

a). Diámetro de la Planta.

Estadísticamente se observó una asociación entre el diámetro de las cactáceas y el estado de riesgo ($\chi^2 = 15.34, n = 202, P < 0.01$). Las especies en riesgo de extinción muestran una tendencia hacia los diámetros pequeños menores de 20 cm y muy pequeños menores de 10 cm, mientras que las especies sin riesgo presentan una dominancia en la categoría de especies mayores de 30 cm con respecto a los valores esperados al azar (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de los valores observados y esperados del diámetro en cactáceas del noreste de México.

| Estatus | Diámetro de la planta | | | | | |
|------------------------|--|---------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------|
| | Valores relativos (Valores esperados). | Muy pequeño < 10 cm | Pequeño < 20 cm | Mediano < 30 cm | Grande > 30 cm | Total |
| Sin Riesgo | | 76 (79) | 17 (21) | 5 (7) | 31 (22) | 129 |
| En Riesgo de Extinción | | 48 (45) | 16 (12) | 6 (6) | 3 (12) | 73 |
| Total | | 124 | 33 | 11 | 34 | 202 |

$\chi^2 c = 15.34$

$\chi^2 t = (0.01) = 11.34$

b). Altura de la Planta.

Se determinó una asociación entre el tamaño en altura de las cactáceas del noreste de México con el estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 13.43$, $n = 202$, $P < 0.05$). Se detectó que las especies en riesgo de extinción, en su mayoría muestran tamaños muy pequeños menores a los 10 cm de altura, mientras que las especies sin riesgo, por lo general dominan en las categorías de alturas grandes mayores de 30 cm, seguido de las pequeñas menores de 20 cm, con respecto a los datos observados al azar (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de valores observados y esperados de la altura en las cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México.

| Estatus | Altura de la planta | | | | Total |
|---------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------|-------|
| | muy pequeña < 10 | pequeña < 20 | mediana < 30 | grande > 30 | |
| Valores relativos (Valores esperados) | | | | | |
| Sin Riesgo | 46 (57) | 41 (36) | 13 (13) | 29 (22) | 129 |
| En Riesgo de Extinción | 44 (33) | 16 (21) | 7 (7) | 6 (13) | 73 |
| Total | 90 | 57 | 20 | 35 | 202 |

$\chi^2 c = 13.431$

$\chi^2 t (0.01) = 11.34$

c). Forma de la Planta.

Se observó que la mayoría de las especies en riesgo de extinción presentan formas globosas de la planta, mientras que las especies sin riesgo mostraron una preferencia hacia las formas platicaula o aplanada, seguidas de las formas semicolumnar a columnar con respecto a los valores observados al azar. Estadísticamente se comprobó que la forma de la planta no presenta una asociación con el estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 13.34$, $n = 202$, $P > 0.01$).

d). Color de la Planta.

Se observó que la mayoría de las especies en riesgo de extinción presentan una coloración verde, mientras que las especies sin riesgo de extinción muestran una coloración diferente al verde con respecto a los valores esperados al azar (Tabla 3). Estadísticamente, resultó que la coloración de la planta es un atributo asociado al estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 9.05$, $n = 202$, $P < 0.01$).

Tabla 3. Se presenta un comparación de la coloración que guardan las especies de cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México.

| Estatus | Color de la Planta | | |
|--|--------------------------|-------------|-------|
| | Color diferente al Verde | Color Verde | Total |
| Valores relativos (Valores esperados). | | | |
| Sin Riesgo | 104 (95) | 25 (34) | 129 |
| En Riesgo de Extinción | 44 (53) | 28 (19) | 73 |
| Total | 148 | 53 | 202 |

$$\chi^2 c = 9.058$$

$$\chi^2 t(0.01) = 6.63$$

e). Tamaño de la Flor.

Se encontró un alto número de especies en riesgo con flores de tamaños muy pequeños menores de 3 cm, mientras que la mayoría de las especies sin riesgo de extinción presentaron flores de tamaños medianos menores de 10 cm, con respecto a los valores observados al azar (Tabla 4). En forma estadística, se demostró que existe una ligera asociación entre el tamaño de la flor y el estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 8.39$, $n = 202$, $P < 0.05$).

Tabla 4. Se presenta una comparación de los tamaños de las flores entre cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México.

| Estatus | Tamaño de la flor | | | | | |
|------------------------|--|--------------------|----------------|-----------------|----------------|-------|
| | Valores relativos (Valores esperados). | muy pequeña < 3 cm | pequeña < 6 cm | mediana < 10 cm | grande > 11 cm | Total |
| Sin Riesgo | | 51 (60) | 43 (40) | 28 (22) | 7 (6) | 129 |
| En Riesgo de Extinción | | 43 (34) | 20 (23) | 7 (13) | 3 (4) | 73 |
| Total | | 94 | 63 | 35 | 10 | 202 |

$\chi^2 c = 8.393$ $\chi^2 t (0.05) = 7.81$

f). Forma de la Flor.

La mayoría de las especies en riesgo de extinción presenta flores de forma infundibuliforme, mientras que las especies sin riesgo mostraron una tendencia hacia las flores con formas campanuladas con respecto a los valores observados al azar. Sin embargo no se encontró una asociación entre la forma de la flor y el estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 1.34$, $n = 202$, $P > 0.05$).

g). Color de la Flor.

El color más común de las flores en especies en riesgo de extinción fue el amarillo-claro, mientras que las especies sin riesgo mostraron una dominancia hacia el color rosa-rojo con respecto a los valores esperados al azar. Sin embargo, el color no estuvo asociado al estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 1.07$, $n = 202$, $P > 0.05$).

h). Tamaño del Fruto.

Se observó que las especies en riesgo de extinción presentan frutos de tamaños pequeños menores de 3 cm, mientras que las especies sin riesgo de extinción tienen frutos de tamaño mediano menores de 6 cm con respecto a los valores esperados al azar. Sin embargo, no existió asociación entre el tamaño del fruto y el estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 0.197$, $n = 202$, $P > 0.05$).

i). Forma del Fruto

Las especies en riesgo de extinción presentaron frutos con formas denominadas en este trabajo como "otras formas", mientras que las especies sin riesgo mostraron una tendencia hacia las formas globosas con respecto a los valores esperados al azar. Sin embargo, la forma del fruto no mostró una asociación al estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 2.93$, $n = 202$, $P > 0.05$).

j). Color del fruto.

La mayoría de las especies en riesgo y sin riesgo de extinción presentaron frutos de color blanco a crema con respecto a los valores esperados al azar. Sin embargo, no se encontró una relación entre el color del fruto y el estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 3.695$, $n = 202$, $P > 0.05$).

k). Tamaño de la Semilla.

La mayoría de las especies en riesgo mostraron una tendencia hacia las semillas pequeñas menores a 1 mm, seguido de las semillas de tamaño mediano menores a 2 mm, en cambio las especies sin riesgo de extinción mostraron semillas de tamaños pequeños menores de 1mm, así como una gran cantidad de especies con semillas mayores de 3 mm, con respecto a los valores esperados al

azar (Tabla 5). Al parecer, el tamaño de la semilla es una característica biológica que esta asociada al estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 8.59$, $n = 202$, $P < 0.05$).

Tabla 5. Se presentan una comparación de tamaño de semillas entre especies en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México.

| Estatus | Tamaño de la semilla | | | |
|--|----------------------|-----------------|----------------|-------|
| | Pequeño <1mm | Mediano <2mm | Grande >3mm | Total |
| Valores relativos (Valores esperados). | | | | |
| Sin Riesgo | 90 (61) | 19 (26) | 20 (16) | 129 |
| En Riesgo de Extinción | 46 (31) | 22 (15) | 5 (9) | 73 |
| Total | 136 | 41 | 25 | 202 |

$$\chi^2 c = 8.590$$

$$\chi^2 t (0.05) = 5.99$$

l). Forma de la Semilla.

Para esta característica no se observó una tendencia clara entre las especies en riesgo y sin riesgo de extinción por la forma de la semilla con respecto a los valores esperados al azar. De este modo, no se encontró una asociación entre la forma de la semilla y el estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 0.00$, $n = 202$, $P > 0.05$).

m). Color de la Semilla.

La mayoría de las especies en riesgo de extinción presentaron semillas de color claro, mientras que las especies sin riesgo mostraron una tendencia hacia las semillas de color oscuro con respecto a los valores esperados al azar. Sin embargo no se presentó una asociación entre el color de la semilla y el estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 0.91$, $n = 202$, $P > 0.01$).

n). Tipo de Propagación.

La mayoría de las especies en riesgo de extinción no se propagan comúnmente de manera vegetativa. En cambio, muchas especies sin riesgo resultaron propagarse de la forma vegetativa (Tabla 6). Así, la habilidad para propagarse vegetativamente es una característica asociada al estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 11.48$, $n = 202$, $P < 0.01$).

Tabla 6. Comparación de las formas de propagación de las cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México.

| Estatus | Forma de propagación | | |
|--|---------------------------|----------------------|-------|
| | Vegetativa poco frecuente | Vegetativa frecuente | Total |
| Valores relativos (Valores esperados). | | | |
| Sin Riesgo | 76 (89) | 53 (42) | 129 |
| En Riesgo de Extinción | 60 (49) | 13 (24) | 73 |
| Total | 136 | 66 | 202 |

$\chi^2 c = 11.483$

$\chi^2 t (0.01) = 6.63$

ñ). Producción de Frutos.

En las categoría en riesgo de extinción hay más especies con una producción menor a 5 frutos por planta/año, mientras que en las especies sin riesgo la producción de frutos es mayor de 6 frutos con más frecuencia respecto a los valores esperados al azar (Tabla 7). De este modo, la producción de frutos por planta está asociada al estado de riesgo de extinción ($\chi^2 = 9.53$, $n = 202$, $P < 0.01$).

Tabla 7. Comparación de la producción de frutos en especies de cactáceas en riesgo y sin riesgo de extinción del noreste de México.

| Estatus | Producción de Frutos | | |
|------------------------|--|-------------------|------------------|
| | Valores relativos (Valores esperados). | 1-5 Frutos/planta | >6 Frutos/planta |
| Sin Riesgo | 79 (89) | 50 (40) | 129 |
| En Riesgo de Extinción | 60 (50) | 13 (23) | 73 |
| Total | 139 | 63 | 202 |

$\chi^2 c = 9.535$

$\chi^2 t (0.01) = 6.63$

9.3. Análisis de Componentes Principales (PCA).

Se analizaron seis variables cuantitativas de las quince utilizadas en este estudio. Estas fueron sujetas al PCA con la ayuda del programa Statgraphics 5.0 en una computadora Intertec 586. En la Tabla 8, se observa cómo los primeros cuatro componentes explican el 83 % de la varianza, alcanzando de este modo el nivel satisfactorio. Se puede ver que en el Componente 1, no existe una separación clara entre las seis variables utilizadas, sin embargo la variable altura de la planta asume el valor más alto, seguido por las variables: número de frutos producidos por planta y el diámetro. En el Componente 2, la variable más importante es el tamaño de la flor al sobresalir del resto de las variables, en el Componente 3 resalta el valor del tamaño de la semilla, mientras que el Componente 4 el tamaño del fruto registró el valor más elevado.

Tabla 8. Variación explicada por cada componente utilizado.

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|--|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Porcentaje de la varianza explicada por el componente. | 42.069 | 19.518 | 11.708 | 10.531 |
| Porcentaje acumulado (%). | 42.069 | 61.588 | 73.297 | 83.828 |
| Diámetro | 0.428 | -0.469 | 0.027 | -0.421 |
| Altura | 0.470 | -0.049 | -0.413 | 0.117 |
| Tamaño de la Flor | 0.284 | 0.626 | -0.526 | -0.388 |
| Tamaño del Fruto | 0.403 | 0.343 | 0.276 | 0.768 |
| Tamaño de la Semilla | 0.401 | 0.258 | 0.680 | -0.515 |
| Producción de Frutos/planta | 0.437 | -0.448 | -0.117 | -0.182 |

En la forma gráfica se observan las variables más importantes separadas por el PCA, éstas son: a) altura de la planta, b) tamaño de la flor, c) tamaño de la semilla y d) tamaño del fruto (Fig. 3).

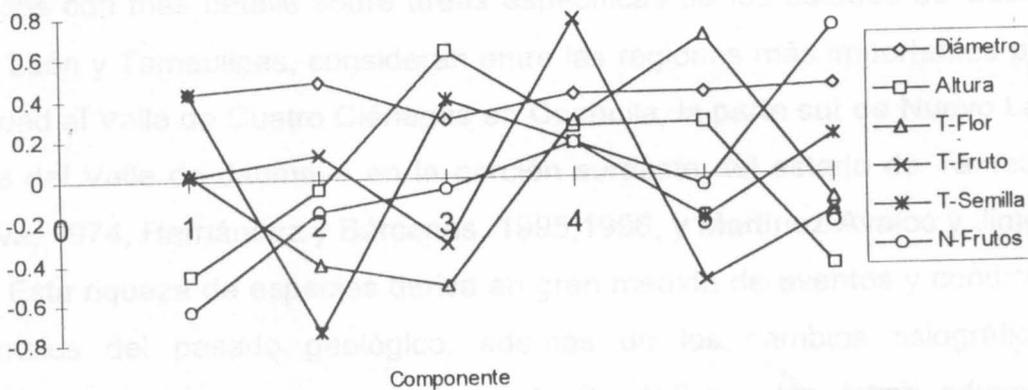


Fig. 3. Distribución de las características biológicas por Componente.

6. DISCUSIÓN

6.1. Listado de cactáceas del noreste de México.

El alto número de especies de cactáceas encontradas en la zona del noreste de México, pone a esta región como una de las más importantes a nivel nacional desde el punto de vista florístico, al contar con cerca de un 40% del total de especies reportadas para el país y un 37% de especies amenazadas. Los resultados aquí presentes, aportaron 10 nuevos registros de especies de cactáceas, así como la distribución geográfica de la mayoría de las especies en la zona de estudio. El elevado número de especies amenazadas y endémicas registrado en la zona de estudio, revela a esta zona como la segunda más importante después de la región del Huizache y Guadalcázar en el estado de San Luis Potosí (Hernández y Bárcenas, 1995,1996). Según estudios de flora realizados con más detalle sobre áreas específicas de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, consideran entre las regiones más importantes por su diversidad al Valle de Cuatro Ciénegas en Coahuila, la parte sur de Nuevo León y la zona del Valle de Jaumave en la porción suroeste del estado de Tamaulipas (Pinkava, 1974, Hernández y Bárcenas, 1995,1996, y Martínez-Avalos y Jiménez, 1993). Esta riqueza de especies deriva en gran medida de eventos y condiciones ambientales del pasado geológico, además de los cambios fisiográficos y climáticos que afectaron el territorio de la República y las áreas adyacentes durante el Cenozoico y Pleistoceno (Johnston, 1977; Toledo, 1988; Rzedowski, 1991; Van Devender 1986). Estos cambios repentinos, provocaron el refugio de muchas especies de plantas, ocasionando así la adaptación de las mismas hacia los climas desérticos (Cox y Moore, 1995, McMahon *et al.*, 1985). Lo anterior, podría explicar la alta cantidad de especies de los géneros *Mammillaria*, *Echinocereus*, *Opuntia* y *Coryphantha* encontrada en la región de estudio.

6. DISCUSIÓN

6.1. Listado de cactáceas del noreste de México.

El alto número de especies de cactáceas encontradas en la zona del noreste de México, pone a esta región como una de las más importantes a nivel nacional desde el punto de vista florístico, al contar con cerca de un 40% del total de especies reportadas para el país y un 37% de especies amenazadas. Los resultados aquí presentes, aportaron 10 nuevos registros de especies de cactáceas, así como la distribución geográfica de la mayoría de las especies en la zona de estudio. El elevado número de especies amenazadas y endémicas registrado en la zona de estudio, revela a esta zona como la segunda más importante después de la región del Huizache y Guadalcazar en el estado de San Luis Potosí (Hernández y Bárcenas, 1995,1996). Según estudios de flora realizados con más detalle sobre áreas específicas de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, consideran entre las regiones más importantes por su diversidad al Valle de Cuatro Ciénegas en Coahuila, la parte sur de Nuevo León y la zona del Valle de Jaumave en la porción suroeste del estado de Tamaulipas (Pinkava, 1974, Hernández y Bárcenas, 1995,1996, y Martínez-Avalos y Jiménez, 1995). La riqueza de especies deriva en gran medida de eventos y condiciones ambientales del pasado geológico, además de los cambios fisiográficos y climáticos que afectaron el territorio de la República y las áreas adyacentes durante el Cenozoico y Pleistoceno (Johnston, 1977; Toledo, 1988; Rzedowski, 1991; Van Devender 1986). Estos cambios repentinos, provocaron el refugio de muchas especies de plantas, ocasionando así la adaptación de las mismas hacia los climas desérticos (Cox y Moore, 1995, McMahon *et al.*, 1985). Lo anterior, podría explicar la alta cantidad de especies de los géneros *Mammillaria*, *Echinocereus*, *Opuntia* y *Coryphantha* encontrada en la región de estudio.

6. DISCUSIÓN

6.1. Listado de cactáceas del noreste de México.

El alto número de especies de cactáceas encontradas en la zona del noreste de México, pone a esta región como una de las más importantes a nivel nacional desde el punto de vista florístico, al contar con cerca de un 40% del total de especies reportadas para el país y un 37% de especies amenazadas. Los resultados aquí presentes, aportaron 10 nuevos registros de especies de cactáceas, así como la distribución geográfica de la mayoría de las especies en la zona de estudio. El elevado número de especies amenazadas y endémicas registrado en la zona de estudio, revela a esta zona como la segunda más importante después de la región del Huizache y Guadalcazar en el estado de San Luis Potosí (Hernández y Bárcenas, 1995,1996). Según estudios de flora realizados con más detalle sobre áreas específicas de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, consideran entre las regiones más importantes por su diversidad al Valle de Cuatro Ciénegas en Coahuila, la parte sur de Nuevo León y la zona del Valle de Jaumave en la porción suroeste del estado de Tamaulipas (Pinkava, 1974, Hernández y Bárcenas, 1995,1996, y Martínez-Avalos y Jiménez, 1993). Esta riqueza de especies deriva en gran medida de eventos y condiciones ambientales del pasado geológico, además de los cambios fisiográficos y climáticos que afectaron el territorio de la República y las áreas adyacentes durante el Cenozoico y Pleistoceno (Johnston, 1977; Toledo, 1988; Rzedowski, 1991; Van Devender 1986). Estos cambios repentinos, provocaron el refugio de muchas especies de plantas, ocasionando así la adaptación de las mismas hacia los climas desérticos (Cox y Moore, 1995, McMahon *et al.*, 1985). Lo anterior, podría explicar la alta cantidad de especies de los géneros *Mammillaria*, *Echinocereus*, *Opuntia* y *Coryphantha* encontrada en la región de estudio.

Muchos nopales del género *Opuntia* por ejemplo, son de las más abundantes en los paisajes mexicanos y son de distribución muy restringida o casi restringida al país (Rzedowski, 1991b). Otros géneros de cactáceas reportados como endémicos a la zona de estudio son: *Coryphantha* (63 spp.), *Echinocereus* (55 spp.), y *Ferocactus* (29 spp.) (Bravo y Sánchez-Mejorada, 1991a,1991b). Sin embargo existen otros géneros que dominan en el noreste de México como: *Ariocarpus*, *Astrophytum* y *Turbiniacarpus* que están confinados además hacia zonas de mayor amplitud como la región del desierto Chihuahuense y algunas zonas disyuntas como la región árida Queretana-Hidalguense ubicada en el centro del País (Anderson *et al.* 1994). Lo anterior, demuestra que la familia Cactaceae es una de las más importantes en la flora de México, al reportar otros autores un 36% en géneros y un 72% en especies de cactáceas (Rzedowski, 1991b). Estos resultados explican el alto endemismo y la riqueza de especies encontrada en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

6.2. Características biológicas de las cactáceas en relación al riesgo de extinción.

a) Diámetro y altura de la planta.

Se encontró una asociación entre el diámetro y altura de las cactáceas con el estado de riesgo de extinción. La mayoría de las especies en riesgo de extinción presentaron tallas menores de 10 cm en diámetro y altura, mientras que las especies sin riesgo de extinción mostraron tallas mayores de 30 cm. En el Componente 1 del PCA, sobresalen estas dos variables como las más importantes ya que explican el más alto porcentaje de la varianza. Estudios anteriores han determinado que el tamaño en diámetro y altura, es una característica que influye en la resistencia a factores bióticos o abióticos que atentan contra la supervivencia de las especies en su medio natural. Park y Nobel

(1988) en un trabajo con cactáceas columnares del desierto Sonorense determinaron que las plantas con tallas grandes, además de resistir cambios bruscos de sequías, temperaturas y heladas, tienen la ventaja de producir mayor cantidad de frutos debido a las reservas con que cuentan las plantas. Sin embargo, aunque en cactáceas pequeñas no se han realizado estudios de este tipo, es probable que el tamaño en diámetro y altura, también podría ser un factor determinante en la producción de frutos. Davy (1985) determinó que el tamaño de la planta es un factor importante en la sobrevivencia de las especies, al estimar mediante una ecuación matemática la producción de semillas en cuatro plantas anuales, señalando que la producción de semillas está en función del tamaño de la planta y de la densidad poblacional de las especies. De acuerdo a los resultados obtenidos, se menciona que la altura y diámetro de las cactáceas, así como la discontinuidad de los hábitats y el estado de sucesión en que se encuentran las especies, son atributos importantes que influyen en el estado de riesgo de extinción de este grupo de plantas (Salisbury, 1942).

b) Color de la planta.

El color de la planta es una característica asociada al estado de riesgo de extinción. Se determinó que la mayoría de las especies en riesgo de extinción presentan un color verde de la planta, mientras que la mayoría de las especies sin riesgo de extinción mostraron otra coloración diferente al verde (planta con tallos de color blanco o amarillo debido al color de las espinas). A juzgar por la literatura, la coloración de la planta es un atributo muy importante en los hábitats por las interacciones que tienen estas plantas con otros organismos como insectos, aves o algunos murciélagos que sirven como polinizadores o dispersores de semillas (Grant y Grant, 1979, Valiente-Banuet, *et al.* 1996; Kohres, 1996). Otros autores afirman que la coloración que presentan las plantas

en el medio responden en muchos casos a estrategias evolutivas para sobrevivir ya que en ocasiones el color de las plantas actúa como mecanismo de defensa hacia algunos depredadores, o bien sirve para protegerse de la radiación solar (Gibson y Nobel, 1986; Nobel, 1988; Morse y Henifin, 1981). De este modo, cabe la posibilidad de que las especies en riesgo de extinción por ser tan pequeñas se ven limitadas a refugiarse bajo plantas nodrizas manifestando de esta manera la coloración verde, como una forma de confundir a los depredadores con el follaje de los arbustos. Las especies sin riesgo, por ser la mayoría de ellas de mayor tamaño tal vez requieran en muchos casos colores vistosos (colores diferentes al verde) para atraer la atención de los polinizadores durante su floración o fructificación. Valiente-Banuet *et al.* (1996) encontró que las diferencias entre color de la planta y color de las flores en dos cactáceas columnares del Valle de Tehuacán y desierto Sonorense son una forma de atraer a ciertos polinizadores quirópteros y a algunas palomillas, demostrando de esta forma que el color de la planta representa un papel muy importante por la interacción con otros organismos así como en el desarrollo y establecimiento de las poblaciones en su medio natural.

c) Tamaño de la flor.

El tamaño de la flor resultó ligeramente asociado al estado de riesgo de extinción. Esta misma característica presentó el porcentaje de variación más elevado en el Componente 2. Se encontró que las especies en riesgo de extinción presentan flores con tamaños menores de 3 cm, mientras que las especies sin riesgo de extinción sus flores fueron de tallas menores de 10 cm. Algunos estudios sobre polinización han determinado la relación que guardan algunas plantas con los agentes polinizadores. De esta manera el tamaño de la flor puede ser una de las principales causas que permita la asociación de

algunos polinizadores con ciertas cactáceas. Por ejemplo Grant *et al.*, (1979) determinaron que la flores con perianto de 5.5 cm son visitadas por abejas de tamaños pequeños, mientras que las flores con perianto de 12.5 cm son polinizadas por abejas de tallas medianas y grandes. En el caso de especies de tallas grandes como del género *Echinocereus* y *Ferocactus*, sus flores son visitadas además por algunos murciélagos y aves, así como por colibríes. De igual forma, los mismos autores determinaron que las cactáceas que presentan flores con ántesis diurna sus flores son por lo general de tamaños pequeños debido a la fuerte correlación que existe entre el tamaño de la flor y los polinizadores de tamaño pequeño. En cambio especies con aperturas de las flores durante la noche, las flores son de mayor tamaño y sus visitantes son principalmente organismos de tallas grandes (Fleming, *et al.* 1996, Porch, 1938). Así mismo, se ha comprobado que en especies columnares, el tamaño de la flor es un factor asociado a la producción de néctar y a su vez a la formación y producción de frutos y semillas (Fleming *et al.* 1994, 1996, Valiente-Banuet *et al.* 1997). De lo anterior, se infiere que el tamaño pequeño de las flores en especies en riesgo de extinción podría afectar en la producción de frutos y semillas en este grupo de plantas. En el caso de las especies sin riesgo la producción de frutos y semillas podría ser mayor que las especies en riesgo. De esta manera, el tamaño de las flores en cactáceas podría estar muy asociado a ciertos polinizadores, principalmente en algunas especies de distribución restringida y de tamaños poblacionales bajos como es el caso de las especies en riesgo de extinción.

d) Tamaño de la semilla.

El tamaño de la semilla es una característica asociada al estado de riesgo de extinción. Se observó que las especies en riesgo de extinción, presentan con más frecuencia semillas menores de 1 mm, mientras que entre las especies sin

riesgo, las semillas suelen variar entre 1 mm y mayores de 3 mm. Esta característica, mostró tener el más alto porcentaje de la varianza explicada en el Componente 3 del PCA. Se entiende que el tamaño de la semilla es al menos una función de la parte progenitora (Begon y Harper, 1996, Heydecker, 1973, Levin y Kerster, 1974), además se ha determinado que está correlacionado con el hábitat y el estado de sucesión y con factores ambientales (Barnes, 1972, Foster, 1986, Foster, *et al.* 1985, Jurado *et al.* 1991, Jurado *et al.* 1992, Leishman, *et al.* 1995, Mazer, 1989 y Salisbury, 1942). Algunos autores afirman que las semillas de mayor tamaño están asociadas a hábitats más secos. Este aumento de tamaño en plantas expuestas a la sequía, es debido a la selección en favor de aquellas plántulas que pueden establecerse, mediante el uso de sus propias reservas (Granados, 1994, Jurado *et al.* 1992). Lo anterior, podría ser una razón por la que las especies en riesgo de extinción presenten semillas pequeñas. También podría darse el caso de que estas especies requieran de una dispersión hacia sitios seguros donde la semilla encuentre las condiciones adecuadas para su germinación y establecimiento. Así mismo, se han explicado que la mayoría de las semillas pequeñas son una característica de especies que tienen bancos de semillas en el suelo con una dominancia persistente (Warner y Platt, 1976, Carlquist, 1965, Silvertown y Lovett, 1995). Aunque estos resultados se han obtenido de otros grupos de plantas, esto podría suceder en cactáceas que presentan semillas de tamaños pequeños como la mayoría de las especies en riesgo de extinción ya que estas facilitan el enterrarse debido a la facilidad para filtrarse en las grietas del suelo y de este modo encontrar en éstos sitios el medio adecuado para su germinación (Jurado *et al.* 1991, Jurado *et al.* 1992, Granados, 1994). Por ejemplo, se han comparado diversos hábitats para determinar el comportamiento del tamaño de la semilla, formas de crecimiento y agentes dispersores de semillas, llegando a la conclusión que éstos están fuertemente

correlacionados entre sí con el medio donde ocurren (Lord *et al.* 1997, Leishman *et al.* 1995, Oawood *et al.* 1993, Jurado *et al.* 1992, Jurado *et al.* 1991). Otros autores han señalado que el tamaño de la semilla también está asociado con la abundancia de los depredadores, ya que un gran número de pequeñas semillas tiene mayor posibilidad de escaparse a la depredación en comparación a un reducido número de semillas grandes (Granados, 1994, Silvertown y Lovett, 1995). En cambio, para las especies sin riesgo de extinción con semillas de mayor tamaño su principal fuente de selección podría ser el establecimiento más que su dispersión debido a su tamaño. Estas semillas cuentan con mayores reservas que las semillas pequeñas, para sobrevivir hasta su establecimiento (Granados, 1994). Se ha demostrado además que las especies que producen semillas pequeñas por lo general viven en ambientes impredecibles, temporales muy irregulares por lo que es necesario tener una amplia dispersión de semillas y no requieren producir grandes cantidades de semillas, pues no existe competencia con las plantas que la rodean (Carlquist, 1965). Estos datos podrían aplicarse a las especies en riesgo de extinción ya que en la mayoría de los casos sus poblaciones están muy aisladas y en hábitats muy específicos. Para las especies que crecen en ambientes más estables, en algunos casos con vegetación abundante, tal vez sea de menor importancia tener una amplia dispersión, por lo que es más importante tener capacidad para el establecimiento de sus semillas en un ambiente altamente competitivo como es el caso de varias especies sin riesgo de extinción con poblaciones más densas y de más amplia distribución geográfica. Para especies con estas características se ha demostrado que tienen prioridad el tamaño de la semilla que el número de ellas (Heydecker, 1974). Dado lo anterior, se puede decir que el tamaño de la semilla en cactáceas es un factor que está muy relacionado con la dispersión y el hábitat

donde crecen (Jurado *et al.* 1991, Jurado *et al.* 1992, Weller, 1994) y estos podrían influir de manera indirecta en el estatus de las especies.

e) Forma de propagación.

La forma de propagación en cactáceas del noreste de México resultó estar asociada al estado de riesgo de extinción. Se determinó que la mayoría de las especies en riesgo de extinción no se propagan en forma vegetativa, mientras que muchas especies sin riesgo se propagan con frecuencia en forma vegetativa. En términos generales, siempre se ha afirmado que el crecimiento de las cactáceas es lento (Park y Nobel, 1988, Gibson y Nobel, 1986). Sin embargo, existen especies de rápido crecimiento como las "chollas" (subgénero *Cylindropuntia*), algunas de ellas pueden duplicar o triplicar su talla y peso en un ciclo anual (León de la Luz y Valiente-Banuet, 1994). Algunos autores mencionan que la facilidad de la propagación se debe a dos estrategias de sobrevivencia: la primera hacia especies con ciclos de vida relativamente corta dotados con elevada capacidad de dispersión; la segunda por especies con períodos de vida longevos con limitada capacidad de dispersión (Gibson y Nobel, 1986). Lo anterior pudiera ser una respuesta a los resultados obtenidos en este estudio, ya que según Park y Nobel (1994), los tipos de propagación en cactáceas responden de una manera directa a la producción de areolas con que cuentan las especies, se ha determinado por los mismos autores que la mayoría de las especies de vida longeva presentan gran cantidad de areolas (estructuras que dan origen a flores, frutos y partes vegetativas), por lo que tienen propagación vegetativa lo que ayuda en la propagación de mayor cantidad de flores y frutos.

Por otra parte, aunque no se tomó en cuenta el número de areolas por especie, debido a que esta característica se puede obtener en forma inmediata al observar el tamaño de la planta, otros trabajos han estimado que las especies de

vida corta y de tallas pequeñas, en su mayoría los tallos no les permiten tener numerosas areolas, en muchos casos la propagación de este grupo de plantas es mediante semillas, lo que provoca una producción de flores y frutos en cantidades bajas, lo anterior como resultado de que las areolas únicamente se encuentran en el ápice de la planta o entre las axilas de los tubérculos los cuales en muchas especies presentan un número reducido (Park y Nobel, 1988). De lo anterior, se menciona que la mayoría de las cactáceas en riesgo de extinción podrían formar parte de las especies de vida corta (de 6 a 10 años) al observar que la mayoría de ellas presentan baja cantidad de areolas. En cambio, las especies sin riesgo, estas forman parte de las especies de vida longeva (de más de 20 años) debido a que el tamaño del tallo le permite tener mayor área superficial, favoreciendo de esta manera el alto número de areolas y la propagación vegetativa común.

f) Producción de frutos.

Esta característica resultó estar fuertemente asociada al estado de riesgo de extinción. El PCA, mostró que la producción de frutos es una variable con valores de la varianza ligeramente elevados en los Componentes 1 y 2, aunque en este último con valor negativo. Estudios en poblaciones naturales o cultivadas, principalmente en zonas templadas, han demostrado que dentro de los individuos, algunos factores del medio ambiente influyen de manera indirecta en la reproducción de las especies, ya sea en la cantidad de flores, frutos, semillas o pulpa que producen los frutos en su interior (Byrne y Mazer, 1990). Otros autores afirman que la producción de frutos y número de semillas en masa están fuertemente asociados a polinizadores (Grant y Connell, 1979, Grant y Grant, 1979a, 1979b). Lo anterior podría ser la principal causa que afecta la baja producción de frutos en especies en riesgo de extinción encontrada en este estudio. Valiente-Banuet *et al.*, (1996), determinaron que la presencia de

polinizadores en *Neobuxbaumia tetetzo* influye de manera directa en la producción de frutos. Otros trabajos realizados por Sabat y Ackerman (1996), Zimmerman y Aide (1989), con Orquídeas afirmaron que además de la ausencia de los polinizadores, la ausencia de algunos depredadores, también se ve reflejada en la producción de frutos y semillas. Afirman también que la polinización manual no produce la misma cantidad de frutos si se compara con la polinización natural. De acuerdo a lo anterior, se cree que la baja producción de frutos presentada en especies en riesgo de extinción, podría atribuirse a la baja acción de los polinizadores los cuales en muchos casos se cree que están ausentes o bien muchos de estos son eliminados de manera indirecta al hacer un mal uso del recurso (e. g. desmontes de áreas con posiblemente numerosas plantas que sirven como hospederos de gran cantidad de insectos o aves, etc.), o bien a los períodos cortos de floración que en ocasiones son una vez al año, afectando de esta manera la baja producción de flores y frutos en estas especies.

De lo anterior se menciona que el número de variables biológicas analizadas durante el desarrollo del trabajo, son las más importantes ya que intervienen en el desarrollo de cualquier especie de planta. Lo anterior, da como resultado que sí existen características biológicas fácilmente cuantificables asociadas a cactáceas en riesgo de extinción. De ésta manera, se marcan las bases para analizar detalladamente a futuro cada una de las características biológicas más relevantes asociadas al riesgo de extinción, de tal forma que facilite comprender las posibles causas de extinción de muchas especies y a la vez de las herramientas necesarias para conservarlas.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La altura, diámetro de la planta, tamaño de la flor y fruto, la producción de frutos y la forma de propagación en las cactáceas del noreste de México, son las principales características biológicas asociadas al estado de riesgo de extinción. De acuerdo a la hipótesis planteada en este estudio, se menciona que sí existen atributos biológicos fácilmente cuantificables asociados al estado de riesgo de extinción para este grupo de plantas.

Se hace evidente a lo largo de este estudio la ausencia de información para muchas especies y muchas regiones. De esta manera, es necesario desarrollar un sistema biogeográfico de clasificación así como un inventario florístico de las cactáceas del noreste de México que ayude a la búsqueda de nuevas localidades de especies en riesgo de extinción consideradas actualmente como restringidas a ciertos hábitats.

Es recomendable realizar estudios poblacionales y ecológicos relacionados con la polinización que expliquen el estado actual de las poblaciones o la viabilidad de las mismas, de tal manera que se puedan tomar medidas rápidas de conservación y rescate.

Es inminente buscar alternativas de conservación que aminoren algunas actividades antropogénicas importantes para los habitantes de la región, tales como el aprovechamiento de áreas naturales para el cultivo, la corta de vegetación natural para la producción de cal, leña, carbón y el pastoreo de ganado, entre otros.

Resultaría útil aplicar los mismos criterios biológicos utilizados en este estudio a otros grupos de plantas considerados en riesgo de extinción para

comparar los resultados obtenidos en el desarrollo del estudio y tal vez detectar procesos evolutivos que en función de las presiones humanas pongan a las especies en riesgo de extinción.

Alcántara, 1991. Atlas Nacional del Medio Físico. Secretaría de Programación y Presupuesto. 223 pp.

Alcántara, 1975. Análisis geográfico físico del noroeste de México. P. 2. Análisis y expectativas de la estructura urbanística del noroeste de México. Centro de investigaciones y publicaciones UANL. 97 pp.

Alcántara, 1995. Cactus Ecológicos. Acuerdo mediante el cual se reforma la nomenclatura de 58 normas oficiales mexicanas (D.O.F. 29-nov-94). Diario Oficial de la Federación. Norma 059-Ecol-1994, que determina los estados, subespecies de flora y fauna silvestres terrestres acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección. Vol. VII, N° 33, Marzo de 1995.

Anderson, E. F., S. Arbo, and N. P. Tzylk. 1994. *Unwatered cacti of Mexico*. Royal Botanic Garden, Kew. 135.

Anderson, E. F. 1988. A revision of genus *Neolloydia* B. & R. (Cactaceae). *Bredia* 4: 1-28.

Anderson, E. F. 1987. A revision of genus *Thelocactus* B. & R. (Cactaceae). *Bredia* 5: 49-76.

Arnold, D. I. 1978. *Occasional Papers*. California Acad Sci. 132: 1-74.

Barbour, M. G.; J. H. Burk and W. D. Pilts. 1987. *Terracetal plant*. Benjamin/Cummings Publishing. 624 pp.

Berthold, W. and G. Vol. 1979. *Mikromorphologie der Samenachsen und Taxonomie der Cactaceae Ein raster-elektronenmikroskopischer Überblick*. *Plant Systematics and Evolution* 132: 205-229.

Berthold, W. and D. R. Hunt. 1993. Cactaceae. In: R. Kubitzki, J. Rohrer, and V. Wittlich, Editors. *The Families and genera of vascular plants. 1. Flowering plants*. Diastylis/editions. Springer-Verlag, Berlin. p.161-197.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. 1990. Appendices I, II and III to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. U. S. Fish and Wildlife Service. U. S. Department of the Interior. Washington, D.C. 25 pp.
- Anónimo. 1981. *Atlas Nacional del Medio Físico*. Secretaría de Programación y Presupuesto. 223 pp.
- Anónimo. 1975. *Análisis geográfico físico del noreste de México*. F. 2. Análisis y expectativas de la estructura urbanística del noreste de México. Centro de investigaciones urbanísticas. UANL. 97 pp.
- Anónimo. 1995. Gaceta Ecológica. Acuerdo mediante el cual se reforma la nomenclatura de 58 normas oficiales mexicanas (D.O.F 29-nov-94). *Diario Oficial de la Federación*. Norma -059-Ecol-1994, que determina las especies, subespecies de flora y fauna silvestres terrestres, acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección. Vol. VII, N° 33, Marzo de 1995.
- Anderson, E. F., S. Arias, and N. P. Taylor. 1994. *Threatened cacti of México*. Royal Botanic Garden, Kew. 135.
- Anderson, E. F. 1986. A revision of genus *Neolloydia* B. & R. (Cactaceae), *Bradleya* 4: 1-28.
- Anderson, E. F. 1987. A revision of genus *Thelocactus* B. & R. (Cactaceae). *Bradleya* 5: 49-76.
- Axelrod, D. I. 1979. Occasional Papers. *California Acad Sci*. 132: 1-74
- Barbour, M. G., J. H. Burk and W. D. Pitts. 1987. *Terrestrial plant ecology*. Benjamin/Cummings Publishing. 634 pp.
- Barthlott, W. and G. Voit. 1979. Mikromorphologie der Samenschalen und Taxonomie der Cactaceae Ein raster-elektronenmikroskopischer Überblick. *Plant Systematics and Evolution* 132: 205-229.
- Barthlott, W. and D. R. Hunt. 1993. *Cactaceae*. In: K. Kubitzki, J. Rohwer, and V. Bittrich, Editors. The Families and genera of vascular plants. II. Flowering plants. Dicotyledons. Springer-Verlag, Berlin. p.161-197

- Barrett, S. y J. Kohn. 1991. *Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation*. Center for Plant Conservation. Oxford University Press. p.3-50
- Bravo, H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Tomo I. UNAM. D.F. 743 pp.
- Bravo, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991a. *Las Cactáceas de México*. Tomo II. UNAM. D.F. 404 pp.
- Bravo, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991b. *Las Cactáceas de México*. Tomo III. UNAM. D.F. 643 pp.
- Bregman, R. 1988. Forms of seed dispersal in Cactaceae. *Acta Botanica Neerlandica* 37(3):395-402.
- Bregman, R. y F. Bouman. 1983. Seed germination in Cactaceae. *Botany Journal of the Linnean Society* 86:357-374.
- Budiansky, S. 1995. The balance of nature is an outdated notion. *New Scientist* 14: 33-35.
- Britton, N. y J. Rose. 1922. *The Cactaceae*. III. Carnegie Institute. Washington, Washington, D.C.
- Britton, N. y J. Rose. 1923. *The Cactaceae*. IV. Carnegie Insitute. Washington, Washington, D.C.
- Briones, O, M. Montaña and E. Ezcurra. 1996. Competition between three Chihuahuan desert species: evidence from plant size-distance relation and root distribution. *Journal of Vegetation Science* 7: 453-460.
- Briones, O. 1994. Origen de los desiertos mexicanos. *Ciencia* 45: 263-279.
- Byrne, M. y J. Mazer. 1990. The effect of position on fruit characteristics, and relationships among components of yield in *Phytolacca rivinoides* (Phytolaccaceae). *Biotropica* 22(4):353-365.
- Carlquist, S. 1965. *Island life*. Nat. Hist. Press New York.
- Cox, C. B. and P. D. Moore. 1995. *Biogeography: An ecological and evolutionary approach*. Blackwell Science. 326 pp.

- Davy, J. and R. L. Jefferies. 1985. *Approaches to the monitoring of rare plant populations*. In: Hugh Synge (Ed.). *The biological aspects of rare plant conservation*. p. 219-233.
- Dubrovsky, J. 1996. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *Amer. J. Bot.* 83(5):624-632.
- Erwin, T. 1991. How many species are there?: revisited. *Conservation Biology* 5(3):330-333.
- FAO-UNESCO. 1980. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Roma, Italia, 84 pp.
- Falk, D. y K. Holsinger. (Eds.). 1991. *Genetic and conservation of rare plants*. Center for plant conservation. Oxford University Press. 276 pp.
- Flores, M. 1972. Descripción y mapas de las unidades de suelo de la República Mexicana, según el sistema de clasificación FAO-UNESCO. S.R.H. México.
- Flores-Martínez, A; E. Ezcurra y S. Sánchez-Colón. 1994. Effect of *Neobuxbaumia tetetzo* on growth and fecundity of its nurse plant *Mimosa luisana*. *Journal of Ecology* 82: 325-330.
- Fleming, T., M. Tuttle, and M. Horner. 1996. Pollination biology and the relative importance of nocturnal and diurnal pollinators in three species of Sonoran Desert columnar cacti. *Southwestern Naturalist* 41(3):257-269.
- Fleming, T., S. Maurice, S. Buchmann and M. Tuttle. 1994. Reproductive biology and relative male and female fitness in a trioecious cactus *Pachycereus pringlei* (Cactaceae). *American Journal of Botany* 81(7): 858-867.
- Fuller, D. y S. Fitzgerald. 1987. *Conservation and commerce of cacti and other succulents*. World Wildlife Fund, Washington, D.C.
- García. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM.
- Gilpin, M y M. Soulé. 1986. *Minimum viable populations: Processes of species extinction*. In: *Conservation Biology*, ed. M. E. Soulé. pp. 19-34. Sinauer, Sunderland, Mass.

- Gibson, A. y P. S. Nobel. 1986. *The cactus primer*. Harvard University Press. 1-23; 144-160.
- Gibson, a. y K. Horak. 1978. *Sistematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti*. *Annals of Missouri Botanical Garden* 65: 999-1057.
- Ginzburg, L. R., L. Slobodkin, K. Jhonson and A. Gindman. 1982. Quasiextinction probabilities as a measure of impact on population growth. *Society for Risk Analysis*. 2(3):171-181.
- González-Medrano, F. 1972. Estudio sinecológico en el Nordeste de México. I *Congreso Latinoamericano y V Mexicano de Botánica*. *Sociedad Botánica de México*. (3-9 Diciembre de 1972, México D.F.). p.459-473.
- Granados, D. 1994. *Ecología y dispersión de las plantas*. Universidad Autónoma Chapingo. 115 pp.
- Grant, V. and W. A. Connell. 1979. The association between *Carpophilus* beetles and cactus flowers. *Plant Systematic and Evolution* 133: 99-102.
- Grant, G. and A. Grant and P. Hurd. 1979. Pollination of *Opuntia lindheimeri* and related species. *Plant Systematic and Evolution* 132: 313-320.
- Grant, V. and A. Grant. 1979a. Pollination of *Opuntia basilaris* and *O. littoralis*. *Plant Systematic and Evolution* 132: 321-325.
- Grant, V. and A. Grant. 1979b. Pollination of *Echinocereus fasciculatus* and *Ferocactus wislizenii*. *Plant Systematic and Evolution* 132: 85-90.
- Grant, V. and A. Grant. 1967c. Records of hummingbird pollination in the western American flora. *Aliso* 6(3): 103-105.
- Grant, V. and A. Grant. 1979d. The pollination spectrum in the Southwestern American cactus flora. *Plant Systematic and Evolution* 133: 29-37.
- Grant, V. and P. Hurd. 1979. Pollination of the *Opuntias*. *Plant Systematic and Evolution* 133: 15-28.
- Hernández, H. y R. Bárcenas. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: II. Biogeography and Conservation. *Conservation Biology* 10(4): 1200-1209.

- Hernández, H. y R. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution patterns. *Conservation Biology* 9(5):1176-1188. ✎
- Hernández, H. y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.
- Hershkovitz, M. and E. Zimmer. 1997. On the evolutionary origins of the cacti. *Taxon* 46: 217-232.
- Hunt, D. 1992. *Cactaceae Checklist*. Royal Botanic Gardens, Kew. 190 pp. ✓
- Hunt, D. R. 1983. A new review of *Mammillaria* names A-C. *Bradleya*. 1:105-128.
- Hunt, D. R. 1984. A new review of *Mammillaria* names D-K. *Bradleya* 2:65-98.
- Hunt, D. R. 1985. A new review of *Mammillaria* names L-M. *Bradleya* 3:53-66.
- Hunt, D. R. 1986. A new review of *Mammillaria* names N-R. *Bradleya* 4:36-64.
- Hunt, D. R. 1987. A new review of *Mammillaria* names S-Z. *Bradleya*. 5:17-48.
- Hutto, R; J. McAuliffe y I. Hogan. 1986. Distribution association of the saguaro (*Carnegiea gigantea*). *The Southwestern Naturalist* 31(4): 469-476.
- Heydecker, W. 1973. *Seed Ecology*. In: W.Heydecker (ed.) The Pennsylvania State University Press. 1-4 pag.
- Jurado, E. and M. Westoby. 1992. Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. *Journal of Ecology* 80: 407-416.
- Jurado, E., M. Westoby and D. Nelson. 1991. Diaspore weight, dispersal, growth form and perenniality of central Australian plants. *Journal of Ecology* 79: 811-830.
- León de la Luz, J. y A. Valiente-Banuet. 1994. Las cactáceas: un recurso natural diverso y predominantemente mexicano. *Ciencia y Desarrollo*. 58-65.
- Leishman, M., M. Westoby and E. Jurado. 1995. Correlates of seed size variation: a comparison among five temperate flora. *Journal of Ecology*. 83: 517-530.

- Levin, D. A. y H. W. Kerster. 1974. Gene-flow in seed plants. *Evolutionary Biology*. 7:179-220.
- Lord, J., J. Egan., T. Clifford., E. Jurado., M. Leishman., D. Willias and M. Westoby. Larger seeds in tropical floras: consistent patterns independent of growth form and dispersal mode. *Journal of Biogeography* 24: 205-211.
- MacMahon, J. A. and F. H. Wagner. 1985. *The Mojave, Sonoran, and Chihuahuan deserts of the North America*. In: M. Evenari et al (eds.) Hot deserts and arid shrublands, Amsterdam, Elsevier Science. 105-202 pp.
- Marroquín, J. S. 1976. *Vegetación y flora del noroeste de México. II. El bosque deciduo templado compilaciones y adiciones*. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo 37, p.103-132.
- Marroquín, J. S., Borja L., R. Velázquez y J. A. de la Cruz. 1964. *Estudio ecológico-dasonómico de las zonas áridas del norte de México*. Publicación Especial N°2. Instituciones Investigaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Ganadería México. 166 pp.
- May, R. 1988. How many species are there on Earth?. *Science*. 241:1441-1449.
- Martínez-Avalos, J. G. y J. Jiménez. 1993. Las cactáceas del Valle de Jaumave, Tamaulipas. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 38(4): 75-82.
- Menges, E. 1990. Population viability analysis for an endangered plant. *Conservation Biology* 4(1):52-61.
- Menges, E. 1991. *The application of minimum viability population theory to plants*. 45-71. (Edits.) Falk, D. and K. Holsinger. *Genetics and conservation of rare plants*. Oxford University Press.
- McGregor, S; S. Alcorn y G. Olin. 1962. Pollination and Pollinating Agents of the Saguaro. *Ecology*. 43(2): 259-267.
- Miranda, F. y E. Hernández., X. 1985. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Universidad Autónoma de Chapingo. XOLOCOTZIA, Tomo I. p.41-55; p. 255-272.
- Miranda, F. y Hernández, X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

- Morse, L. and M. S. Henifin. 1981. Geographical data organization in botany and plant conservation: A survey of alternative strategies. In: L. E. Morse and M. S. Henifin (eds.) Rare plant conservation: Geographical data organization. New York Botanical Garden. Bronx, New York, USA. p 9 - 29
- Nobel, P. S. 1988. *Environmental Biology and agaves and cacti*. Cambridge University Press. New York.
- Oakwood, M., E. Jurado., M. Leishman and M. Westoby. Geographic ranges of plants species in relation to dispersal morphology, growth form and diaspore weight. *Journal of Biogeography*. 20: 563-572.
- Parker, K. 1989. Nurse plant relationships of columnar cacti in Arizona. *Physical Geography* 10:322-335.
- Pinkava, D. 1974. Vegetation and flora of the Cuatrociénegas Basin, Coahuila, Mexico. *Symposium on the biological resources of the Chihuahuan Desert region, United States and Mexico*. (17-18 October, 1974, Alpine, Texas). 327-333.
- Porch, O. 1938-39. *Das Bestäubungsleben der Kackteenblute*. Jahrb. Deutsch. Kakteenges. 1938/1.1939/1. Neudamm: Neumann.
- Rowley, G. 1994. Spontaneous Bigeneric Hybrids in *Cactaceae*. *Bradleya* 12:2-7
- Rzedowski, J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21.
- Rzedowski, J. 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* 15:47-64.
- Rzedowski, J. 1955. Notas sobre la flora y la vegetación del estado de San Luis Potosí. II. Estudio de diferencias florísticas y ecológicas condicionadas por ciertos tipos de sustrato geológico. *Ciencia* 15:141-158.
- Salisbury, E. J. 1942. *The Reproductive Capacity of Plants*. G. Bell and Sons, London.
- Sánchez-Mejorada, H. 1987. Observación sobre el estado de conservación de doce especies de cactáceas amenazadas del noreste de México. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 32:61-71.

- Sánchez-Mejorada, H. 1982. Mexico's problems and programmes monitoring trade in common and endangered cacti. *Cactus & Succulent Journal of Great Britain* 44: 36-38.
- Silvertown, J. & J. Lovett. 1995. *Introduction to plant population biology*. Blackwell Science. 210 pp.
- Statgraphics. 1994. *Statistical graphics system*. Statistical graphics corporation. Version 4.5.
- Suzán, H., G. Nabhan, and D. Patten. 1996. The importance of *Olneya tesota* as a nurse plant in the Sonoran Desert. *Journal of Vegetation Science* 7:635-644.
- Suzán, H; G. Nabhan and D. Patten. 1994. Nurse plant and floral biology of rare night blooming cereus, *Peniocereus striatus* (Brandege) F. Buxbaum. *Conservation Biology* 8(2):461-470.
- Sabat, M. y J. Ackerman. 1996. Fruit set in a deceptive Orchid: The effect of flowering phenology, display size, and local floral abundance. *A. Journal of Botany*. 83(9):1181-1186.
- Taylor, N. P. 1989. Supplementary notes of Mexican *Echinocereus* (2). *Bradleya* 7:73-77.
- Taylor, N. P. 1988. Supplementary notes of Mexican *Echinocereus* (1). *Bradleya* 6:65-84.
- Taylor, N. P. 1985. *The genus Echinocereus*. Royal Botanic Gardens, Kew, 160.
- Taylor, N. P. 1978. Review of the genus *Escobaria* Br. & Rose. *Bradleya. The Cactus and Succulent Journal of Great Britain* 40(2): 31-37.
- Toledo, V. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. 81: 17-30.
- Toledo, V. 1994. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. 34: 43-59.
- Turner, R; S. Alcorn; G. Olin y J. Booth. 1966. The influence of shade, soil and water on saguaro seedling establishment. *Botanical Gazzette* 127(2-3): 95-102.

- Valiente-Banuet, A., A. Rojas-Martínez., M. Arizmendi, and P. Davila. 1997. Pollination biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley central Mexico. *American Journal of Botany* 84(4): 452-455.
- Valiente-Banuet, A., M. C. Arizmendi, A. Rojas-Martínez, and L. Domínguez-Canseco. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12: 103-119.
- Valiente-Banuet, A. y E. Ezcurra. 1991a. 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.
- Valiente-Banuet, A., Bolongaro-Cervenna, A., Briones, O., E. Ezcurra., Rosas, M., Nuñez, H., Barnard, G., and Vazquez, E. 1991b. Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central Mexico. *Journal of Vegetation Science*. 2: 15-20.
- Valiente-Banuet, A., F. Vite. and A. Zavala-Hurtado. 1991c. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science*. 2: 11-14.
- Vargas-Mendoza, M., and M. González-Espinosa. 1992. Habitat heterogeneity and seed dispersal of *Opuntia streptacantha* (Cactaceae) in nopaleras of central Mexico. *Southwestern Naturalist* 37(4):379-385.
- Van Devender, T. R. 1986. *Climatic cadences and the composition of Chihuahuan Desert communities: The late Pleistocene packrat midden record*. In: J. Diamond and T. J. Case (Eds.) *Community Ecology*. 285-299 pp
- Weller, D. E. 1994. Will the real self-thinning rule please stand up?. A reply to Osa wa and Sugita. *Ecology*. 71: 1204-1207.
- Yamane, T. 1979. *Estadística*, Harla, México. 771 pp.
- Yeaton, R. and M. Cody. 1979. The distribution of cacti along environmental gradients in the Sonoran and Mohave Desert. *Journal of Ecology* 67: 529-541

Zar, J. H. 1974. *Bioestatistical Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 620 pp.

Zimmerman, J. y T. Aide. 1989. Patterns of fruit production in a Neotropical Orchid: Pollinator vs. Resource Limitation. *American Journal of Botany* 76(1): 67-73.

Apéndice 1. Lista de especies de cactáceas reportadas y encontradas en el noreste de México.

| ESPECIE | IUCN | CITES | SEMARNAP | Dis | F/P | C/P | D (cm) | A (cm) | C/Fl | T/Fl (cm) | F/Fl | T/Fr | C/Fr | F/Fr | T/S (mm) | F/S | C/S | F/Pro | P/Fr |
|---|------|-------|----------|---------|-----|-----|--------|--------|------|-----------|------|------|------|------|----------|-----|-----|-------|------|
| 1 <i>Acanthocereus pentagonus</i> (L.) Br. & Rose | | | | 2, 3 | al | az | 7 | 300 | bl | 30 | c | 5 | r | gl | 3 | re | n | vf | 10 |
| 2 <i>Ariocarpus agavoides</i> (Castañeda) Anderson | E | x | P* | 3 | a | gr | 2 | 8 | r | 5 | i | 0.5 | r | cl | 2 | ov | n | vpf | 2 |
| 3 <i>Ariocarpus fissuratus</i> (Engelmann) Schumann | V | x | A* | 1 | a | gr | 15 | 1 | r | 4 | i | 1 | vr | gl | 2 | tu | n | vpf | 5 |
| 4 <i>Ariocarpus kotschoubeyanus</i> (Lemaire) Schumann | V | x | A* | 1, 2, 3 | a | ca | 7 | 1 | bl | 3 | i | 0.8 | r | cl | 1 | ov | n | vpf | 5 |
| 5 <i>Ariocarpus retusus</i> Scheidweiler | V | x | | 1, 2, 3 | a | az | 10 | 1 | bl | 5 | i | 2.5 | bl | gl | 2 | ru | n | vpf | 5 |
| 6 <i>Ariocarpus scaphirostris</i> Boedecker | E | x | P* | 2 | a | gr | 9 | 1 | r | 4 | i | 2 | vr | gl | 2 | ovi | n | vpf | 5 |
| 7 <i>Ariocarpus trigonus</i> (Weber) Scheidweiler | V | x | A* | 2, 3 | a | ca | 30 | 25 | am | 4 | i | 2 | bl | cl | 2 | ru | n | vpf | 5 |
| 8 <i>Astekium hintonii</i> Glass & Fitz Maurice | R | | R* | 2 | g | gr | 30 | 40 | r | 4 | i | 4 | ca | gl | 2 | ru | n | vpf | 3 |
| 9 <i>Astekium ritteri</i> Boedecker | V | x | A* | 2 | g | ve | 5 | 3 | bl | 1 | c | 5 | r | cl | 0.05 | pi | n | vpf | 3 |
| 10 <i>Astrophytum asterias</i> (Zuccarini) Lemaire | I | x | P* | 3 | a | am | 10 | 5.5 | am | 3 | i | 4 | ca | gl | 3 | na | c | vpf | 3 |
| 11 <i>Astrophytum capricorne</i> (Dietrich) Br. & Rose | V | | A* | 1, 2 | g | gr | 10 | 25 | am | 7 | i | 3 | ca | gl | 2.5 | na | n | vpf | 3 |
| 12 <i>Astrophytum myriostigma</i> Lemaire | V | | A* | 1, 2, 3 | g | gr | 20 | 16 | am | 6 | i | 4 | vr | gl | 3 | na | n | vpf | 3 |
| 13 <i>Coryphantha chaffeyi</i> * Br. & Rose | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 <i>Coryphantha echinus</i> * (Engelmann) Br. & Rose+B21 | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 <i>Coryphantha ramillosa</i> * Cutak | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 <i>Coryphantha strobiliformis</i> * (Poselger) Moran | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 <i>Coryphantha vivipara</i> * Fischer | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 <i>Coryphantha odorata</i> Boedecker | R | | R* | 3 | g | ve | 3 | 4 | r | 20 | i | 1 | vr | cl | 2 | ov | n | vpf | 2 |
| 19 <i>Coryphantha poselgeriana</i> (Dietrich) Br. & Rose | V | | A* | 1 | g | ve | 13 | 20 | am | 5 | i | 3 | vr | cl | 2.5 | re | c | vpf | 2 |
| 20 <i>Coryphantha pseudoechinus</i> Boedecker | | | R | 1, 2 | g | ve | 5 | 9 | r | 2 | i | 1.5 | vr | cl | 1 | re | c | vpf | 2 |
| 21 <i>Coryphantha werdermannii</i> Boedecker | E | x | P* | 1 | g | ve | 6 | 8 | am | 6 | i | 1.5 | vr | cl | 1.5 | re | c | vpf | 2 |
| 22 <i>Coryphantha bergeriana</i> Boedecker | | | | 1 | g | ve | 6 | 12 | am | 7 | i | 3 | vr | cl | 1.5 | re | c | vpf | 2 |
| 23 <i>Coryphantha macromeris</i> Engelmann | | | | 1, 3 | g | ve | 5 | 15 | r | 6 | i | 2.5 | vr | gl | 1.5 | re | c | vpf | 2 |
| 24 <i>Coryphantha durangensis</i> (Ruenge ex Schumann) Br. & Rose | | | R* | 1 | g | ve | 6 | 15 | ro | 2 | i | 8 | vr | gl | 1 | re | a | vpf | 2 |
| 25 <i>Coryphantha borwigii</i> Purpus | | | | 1 | g | ve | 7 | 11 | ve | 5 | i | 2 | am | cl | 1.5 | re | a | vpf | 2 |
| 26 <i>Coryphantha cornifera</i> (D.C) Lemaire | | | | 1 | g | ve | 7 | 12 | am | 7 | i | 2 | am | cl | 1.5 | re | a | vpf | 2 |
| 27 <i>Coryphantha delaetiana</i> (Quehl) Berger | | | | 1 | g | ve | 6 | 10 | am | 4.5 | i | 3 | vr | cl | 1.5 | re | c | vpf | 2 |
| 28 <i>Coryphantha nickelsiae</i> (Brandweiler) Berger | | | | 1, 2 | g | ve | 4.5 | 7 | am | 7 | i | 7 | vr | cl | 1 | re | c | vpf | 2 |
| 29 <i>Coryphantha scolymoides</i> (Scheidweiler) Berger | | | | 1 | g | ve | 8 | 9 | ve | 6 | i | 4 | vr | gl | 2 | re | c | vpf | 2 |
| 30 <i>Coryphantha sulcata</i> (Engelmann) Br. & Rose | | | A | 1, 2 | g | ve | 12 | 12 | am | 6 | i | 4 | vr | gl | 2 | re | c | vpf | 2 |
| 31 <i>Coryphantha obscura</i> Boedecker | | | | 2 | g | ve | 9 | 11 | am | 5 | i | 3 | vr | gl | 2 | re | c | vpf | 2 |
| 32 <i>Coryphantha scheeri</i> (Knutze) Benson | | | | 1, 2 | g | ve | 12 | 20 | am | 7 | i | 5 | vr | cl | 2 | re | c | vpf | 2 |
| 33 <i>Coryphantha unicornis</i> Bremer | | | | 1 | g | ve | 8 | 10 | r | 5 | i | 3 | vr | cl | 1.5 | re | n | vpf | 2 |
| 34 <i>Coryphantha densispina</i> Werdermann | | | | 1 | g | ve | 6 | 20 | am | 5 | i | 5 | vr | cl | 1.5 | re | n | vpf | 2 |
| 35 <i>Coryphantha clava</i> (Pfeiffer) Lemaire | | | | 3 | g | ve | 10 | 30 | am | 4 | i | 2.5 | am | gl | 2 | re | c | vpf | 2 |

| ESPECIE | IUCN | CITES SEMARNAP | Dix. | F/P | C/P | D (cm) | A (cm) | C/Fl | T/Fl (cm) | F/Fl | T/Fr | C/Fr | F/Fr | T/S (mm) | F/S | C/S | F/Pro. | P/Fr | |
|--|------|----------------|------|---------|-----|--------|--------|------|-----------|------|------|------|------|----------|-----|-----|--------|------|----|
| 36 <i>Coryphantha pulleiniana</i> (Backeberg) Glass | | | A* | 3 | r | ve | 4.5 | 20 | am | 4 | i | 1 | vr | gl | 1.5 | tu | r | vf | 3 |
| 37 <i>Coryphantha guerkeana</i> (Boedecker) Br. & Rose | | | | 1, 2, 3 | g | ve | 8 | 15 | am | 4 | i | 3 | vr | cl | 1.5 | re | n | vpf | 2 |
| 38 <i>Coryphantha radians</i> (D.C) Br. & Rose | | | | 3 | g | ve | 8 | 5 | am | 6 | i | 2 | vr | cl | 1 | re | n | vpf | 2 |
| 39 <i>Coryphantha grata</i> Bremer | | | R* | 3 | g | ve | 10 | 9 | am | 5 | i | 2 | vr | gl | 1.5 | re | c | vpf | 2 |
| 40 <i>Coryphantha vaupeliana</i> (Zeitr) Boedecker | | | | 3 | g | ve | 7 | 25 | am | 5 | i | 3 | vr | cl | 1.5 | re | c | vpf | 2 |
| 41 <i>Coryphantha villarensis</i> Backeberg | | | | 3 | g | ve | 13 | 15 | am | 5 | i | 3 | vr | cl | 1.5 | re | n | vpf | 2 |
| 42 <i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto | V | | Pr* | 1, 2, 3 | g | ve | 80 | 200 | am | 7 | i | 7 | am | gl | 2.5 | re | c | vpf | 10 |
| 43 <i>Echinocactus horizontalonius</i> Lemaire | | | | 1, 2, 3 | g | ve | 15 | 15 | r | 6 | i | 2.5 | r | gl | 3.5 | ar | n | vpf | 2 |
| 44 <i>Echinocactus texensis</i> Hopffer | | | | 1, 2, 3 | a | ve | 30 | 15 | r | 8 | c | 4 | r | gl | 2 | re | n | vpf | 3 |
| 45 <i>Echinocereus pectinatus</i> (Scheiweiler) Engelmann | | | | 1, 2, 3 | g | ro | 6 | 15 | r | 9 | c | 3 | r | gl | 2 | re | n | vpf | 2 |
| 46 <i>Echinocereus acifer</i> Bravo | | | | 1 | g | ve | 5 | 20 | ro | 7 | i | 3 | r | gl | 2 | re | n | vf | 4 |
| 47 <i>Echinocereus viridiflorus</i> * (Engelmann) Krainz | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 48 <i>Echinocereus blanckii</i> (Poselger) Palmer | | | | 2, 3 | r | ve | 6 | 30 | r | 7 | i | 4 | vr | gl | 3 | re | n | vf | 5 |
| 49 <i>Echinocereus berlandieri</i> (Engelmann) Rumpler | | | | 2, 3 | r | ve | 5 | 27 | r | 6 | i | 4 | vr | gl | 2 | re | n | vf | 5 |
| 50 <i>Echinocereus conglomeratus</i> (Forester) Bravo | | | | 1, 2 | r | gr | 6 | 40 | r | 7 | i | 3.5 | vr | gl | 3 | re | n | vf | 5 |
| 51 <i>Echinocereus chisoensis</i> Marshall | | | | 1 | r | ve | 9 | 30 | r | 12 | i | 2 | vr | gl | 1.4 | gl | n | vf | 5 |
| 52 <i>Echinocereus cinerascens</i> Taylor | | | | 2, 3 | r | ve | 5 | 30 | pu | 5 | i | 2 | vr | gl | 2 | gl | n | vf | 6 |
| 53 <i>Echinocereus rigidissimus</i> (Engelmann) Hort | | | | 2 | r | ve | 10 | 20 | ro | 9 | i | 4 | r | gl | 1.5 | gl | n | vf | 5 |
| 54 <i>Echinocereus delaetii</i> Grek | V | | A* | 2 | r | ve | 9 | 25 | r | 7 | i | 4 | vr | gl | 1.4 | gl | n | vf | 5 |
| 55 <i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelmann | | | | 1, 2, 3 | r | ve | 7 | 40 | r | 9 | i | 2.5 | vr | gl | 1.5 | tus | n | vf | 5 |
| 56 <i>Echinocereus fitchii</i> Br. & Rose | | | A* | 2, 3 | r | am | 5 | 15 | r | 7 | i | 4 | vr | gl | 1.4 | gl | n | vf | 3 |
| 57 <i>Echinocereus knippelianus</i> Liebner | V | | A* | 1, 2, 3 | a | ve | 8 | 20 | r | 6 | i | 4 | ros | gl | 1.5 | tus | c | vf | 2 |
| 58 <i>Echinocereus longisetus</i> (Engelmann) Lemaire | I | | R | 1, 2 | r | ve | 7.5 | 30 | r | 6 | c | 4 | vr | gl | 2 | tus | c | vf | 5 |
| 59 <i>Echinocereus nivosus</i> Glass & Foster | R | | R* | 1 | r | ve | 30 | 12 | r | 5 | i | 2 | ros | gl | 1.5 | fo | c | vf | 5 |
| 60 <i>Echinocereus poselgeri</i> Lemaire | | | | 1, 2, 3 | r | ca | 35 | 60 | r | 2 | i | 2.5 | vr | gl | 1 | ob | n | vf | 4 |
| 61 <i>Echinocereus palmeri</i> Br. & Rose | I | | P | 1 | r | ve | 3 | 8 | r | 12 | i | 1 | vr | gl | 1.4 | gl | n | vf | 7 |
| 62 <i>Echinocereus papillosus</i> Link ex Ruempler | | | | 3, 2 | r | ve | 5 | 25 | am | 9 | i | 2 | vr | gl | 1.4 | gl | n | vf | 10 |
| 63 <i>Echinocereus pentalophus</i> (D.C) Lemaire | | | | 3, 2 | r | ve | 2.5 | 30 | r | 10 | i | 1.5 | vr | gl | 1.5 | tu | n | vf | 8 |
| 64 <i>Echinocereus pulchellus</i> Taylor | E | | A* | 2 | r | ve | 5 | 1 | r | 5 | i | 2 | r | gl | 1 | gl | n | vf | 3 |
| 65 <i>Echinocereus reichenbachii</i> (Terscheck) Haage Jr. | | | A* | 1, 2 | g | am | 9 | 30 | r | 12 | i | 4 | vr | gl | 1.2 | gl | n | vpf | 3 |
| 66 <i>Echinocereus rayonesensis</i> Taylor | | | | 2 | r | ve | 5 | 30 | r | 5 | i | 2 | vr | gl | 1 | gl | n | vf | 6 |
| 67 <i>Echinocereus primolanatus</i> Schwarz ex Backeberg | | | | 1 | g | ve | 5 | 12 | am | 6 | i | 2 | vr | gl | 1.5 | tu | n | vpf | 3 |
| 68 <i>Echinocereus parkeri</i> Taylor | | | | 2, 3 | r | ve | 5 | 20 | ro | 5 | i | 2 | vr | gl | 1 | gl | n | vf | 6 |
| 69 <i>Echinocereus stramineus</i> Engelmann | | | | 1, 2 | r | ve | 7 | 25 | r | 12 | i | 4 | r | gl | 1.5 | obl | n | vf | 6 |
| 70 <i>Echinocereus subinermis</i> Salm-Dyck | V | | R* | 1 | r | ve | 9 | 12 | am | 8 | i | 2 | am | gl | 1.5 | obl | n | vf | 5 |
| 71 <i>Echinocereus triglochidiatus</i> Engelmann | | | | 1 | r | ve | 15 | 40 | r | 9 | i | 2.5 | ros | gl | 2 | tu | n | vf | 10 |
| 72 <i>Echinocereus viereckii</i> Werdermann | | | | 3 | r | ve | 4.5 | 20 | r | 5 | i | 4 | vr | gl | 1.5 | gl | n | vf | 8 |
| 73 <i>Escobaria aguirreana</i> * (Glass & Foster) Taylor | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 74 <i>Escobaria enskoetteriana</i> (Quehl) Borg | | | | 3 | r | ve | 2 | 4 | cr | 1 | i | 1 | ca | gl | 1 | gl | n | vf | 5 |
| 75 <i>Escobaria laredoi</i> (Glass & Foster) Taylor | R | | R* | 1 | r | ca | 4.5 | 4.5 | ve | 1.5 | i | 1.4 | ca | cl | 1.2 | fo | c | vpf | 2 |

| ESPECIE | IUCN | CITES | SEMARNAP | Dis. | F/P | C/P | D (cm) | A (cm) | C/FI | T/FI (cm) | F/FI | T/Pr | C/Pr | F/Pr | T/S (mm) | F/S | C/S | F/Pro. | P/Pr |
|--|------|-------|----------|---------|-----|-----|--------|--------|------|-----------|------|------|------|------|----------|-----|-----|--------|------|
| 76 <i>Escobaria ruyionii</i> Br. & Rose | | | | 3 | g | ca | 2 | 3 | am | 1 | i | 0.5 | r | cl | 1 | re | n | vpf | 2 |
| 77 <i>Epithelantha bokei</i> * (Benson) Glass & Foster | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 78 <i>Epithelantha micromeris</i> (Engelmann) Borg | | | R | 1, 2 | g | bl | 4 | 4 | r | 1 | i | 1.2 | r | cl | 2 | ovo | n | vpf | 3 |
| 79 <i>Ferocactus hamatacanthus</i> (Muhlenpfordt) Br. & Rose | R | | R* | 1, 2, 3 | g | ro | 30 | 60 | am | 8 | i | 5 | ca | gl | 1.6 | ovo | n | vpf | 5 |
| 80 <i>Ferocactus rafaensis</i> (Purpus) Br. & Rose ex Borg | | | | 3, 2 | g | ve | 30 | 30 | am | 6 | i | 3 | vr | gl | 1 | ob | n | vpf | 7 |
| 81 <i>Ferocactus victoriensis</i> Rose | | | | 3 | g | ve | 30 | 40 | am | 6 | i | 3 | vr | gl | 1 | ob | n | vpf | 7 |
| 82 <i>Ferocactus pilosus</i> (Galeotti) Werdermann | V | | A | 1, 2, 3 | r | ro | 30 | 300 | ro | 4 | i | 4 | am | gl | 2 | fo | n | vpf | 12 |
| 83 <i>Geohintonia mexicana</i> Glass & Fitz maurice | R | | R* | 2 | g | gr | 35 | 30 | r | 4 | c | 3 | ca | gl | 2 | ru | n | vpf | 2 |
| 84 <i>Leuchtenbergia principis</i> Hooker | V | x | A* | 1, 2, 3 | g | ve | 15 | 25 | am | 10 | i | 4 | r | gl | 2 | pi | c | vpf | 2 |
| 85 <i>Lophophora williamsii</i> (Lemaire et SD) Coult | | | Pr | 1, 2, 3 | a | ve | 11 | 6 | r | 2.4 | i | 3 | vr | gl | 1 | ob | n | vf | 3 |
| 86 <i>Mammillaria albiarmata</i> Boedecker | | | | 1 | a | ve | 4 | 1.5 | ve | 2 | i | 1 | r | gl | 1 | ob | n | vpf | 13 |
| 87 <i>Mammillaria albicoma</i> Boedecker | V | | A* | 3 | g | bl | 3 | 5 | am | 15 | i | 1 | r | cl | 1 | pi | c | vpf | 7 |
| 88 <i>Mammillaria baumii</i> Boedecker | R | | R* | 3 | g | ve | 8 | 6 | am | 3 | i | 1.5 | vr | cl | 1 | re | c | vpf | 4 |
| 89 <i>Mammillaria sp.</i> | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 90 <i>Mammillaria bombycina</i> Quehl | | | R* | 1 | g | ve | 6 | 20 | ro | 1.5 | i | 1.5 | bl | cl | 1 | re | n | vpf | 7 |
| 91 <i>Mammillaria brauneana</i> Boedecker | | | | 3 | g | ve | 8 | 20 | ro | 1.3 | i | 1.5 | r | cl | 1 | re | n | vpf | 6 |
| 92 <i>Mammillaria candida</i> Scheidweiler | | | A* | 1, 2, 3 | g | bl | 6 | 7 | ro | 2 | i | 1.5 | r | cl | 1 | re | n | vf | 8 |
| 93 <i>Mammillaria carmenae</i> Castañeda | E | | P* | 3 | g | ve | 8 | 8 | bl | 1.1 | c | 0.6 | bl | gl | 2 | pi | n | vpf | 4 |
| 94 <i>Mammillaria carretii</i> Rebut ex Schumann | V | | R* | 2 | g | ve | 6 | 4 | bl | 2.5 | i | 3 | r | cl | 1 | gl | n | vpf | 6 |
| 95 <i>Mammillaria compressa</i> D.C | | | | 3 | g | ve | 8 | 20 | r | 11 | c | 2.3 | r | cl | 1 | gl | c | vf | 8 |
| 96 <i>Mammillaria echinocephala</i> * Reppenhagen | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 97 <i>Mammillaria formosa</i> Galeotti | | | | 3, 2 | a | ve | 8 | 25 | ro | 1.5 | i | 1.5 | r | cl | 1 | pi | c | vf | 5 |
| 98 <i>Mammillaria glassii</i> Foster | | | | 2 | r | ve | 3 | 3 | ve | 1.4 | i | 2 | vr | cl | 1.5 | fo | n | vf | 4 |
| 99 <i>Mammillaria nominis-dulcis</i> * Glass & Foster | | | | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 100 <i>Mammillaria gasseriana</i> Hesse | | | | 1 | a | ve | 5 | 5 | am | 1.5 | i | 1.2 | r | cl | 0.5 | ob | n | vpf | 6 |
| 101 <i>Mammillaria giselae</i> Martinez-Avalos & Glass | | | | 3 | g | ve | 4 | 10 | r | 1.5 | i | 1 | r | cl | 0.3 | pi | c | vf | 5 |
| 102 <i>Mammillaria heyderi</i> Muhlenpfordt | | | | 3, 2 | g | ve | 10 | 10 | bl | 2.5 | c | 3 | r | cl | 1.5 | pi | n | vpf | 8 |
| 103 <i>Mammillaria igualensis</i> | | | | 2 | a | ve | 4 | 6 | am | 1.2 | i | 1.5 | r | cl | 1 | pi | n | vpf | 5 |
| 104 <i>Mammillaria klissingiana</i> Boedecker | V | | A* | 3 | g | bl | 9 | 15 | r | 1 | i | 2 | r | cl | 1.5 | pi | c | vpf | 6 |
| 105 <i>Mammillaria laui</i> Hunt | V | | P* | 3 | g | am | 4.5 | 6 | ca | 1.5 | i | 1 | bl | gl | 1 | ob | c | vpf | 3 |
| 106 <i>Mammillaria lasiacantha</i> * Engelmann | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 107 <i>Mammillaria lenta</i> Brandegee | V | | A* | 1, 2 | g | ve | 2 | 6 | bl | 2 | c | 1 | r | cl | 1 | ru | n | vf | 6 |
| 108 <i>Mammillaria magallanii</i> Schmolli ex Craig | | | | 1 | a | ve | 5 | 6 | bl | 1 | i | 1 | r | cl | 1 | gl | n | vpf | 8 |
| 109 <i>Mammillaria magninamma</i> * Haworth | | | | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 110 <i>Mammillaria meiacantha</i> Engelmann | | | | 3 | g | ve | 30 | 5 | bl | 3 | i | 3 | ros | cl | 1 | fo | c | vpf | 5 |
| 111 <i>Mammillaria melaleuca</i> Karwinskii ex Salm-Dyck | V | | A* | 3 | g | ve | 5 | 6 | am | 3 | c | 1 | vr | cl | 1.5 | li | n | vpf | 5 |
| 112 <i>Mammillaria melanocentra</i> Poselger | | | | 1, 2 | g | ve | 11 | 16 | r | 1.8 | c | 3 | r | cl | 1 | gl | c | vpf | 5 |
| 113 <i>Mammillaria melispina</i> Werdermann | | | | 3 | g | ve | 6 | 8 | am | 3 | i | 1.5 | r | cl | 1 | gl | c | vpf | 4 |
| 114 <i>Mammillaria microthele</i> Muhlenpfordt | | | | 3 | a | bl | 6 | 2 | bl | 1.5 | i | 1 | r | cl | 1 | gl | n | vpf | 6 |
| 115 <i>Mammillaria pringlei</i> (Coulter) Brandegee | | | R* | 2 | a | ve | 7 | 16 | ro | 1 | i | 1.5 | r | cl | 1 | pi | c | vpf | 6 |

| ESPECIE | IUCN | CITES | SEMARNAP | Dis. | F/P | C/P | D (cm) | A (cm) | C/FI | T/FI (cm) | F/FI | T/Fr | C/Fr | F/Fr | T/S (mm) | F/S | C/S | F/Pro. | P/Fr |
|---|------|-------|----------|---------|-----|-----|--------|--------|------|-----------|------|------|------|------|----------|-----|-----|--------|------|
| 116 <i>Mammillaria perbella</i> Hildmann | | | | 1, 2, 3 | a | ve | 6 | 20 | bl | 1 | c | 1.2 | r | cl | 1.2 | pi | n | vpf | 5 |
| 117 <i>Mammillaria phymatothele</i> Berger | | | | 1, 2 | a | ve | 9 | 7.5 | ro | 1.5 | i | 1 | r | cl | 1 | pi | c | vpf | 4 |
| 118 <i>Mammillaria picta</i> Meinsh | | | | 3 | a | am | 4 | 4 | am | 1 | i | 1 | r | cl | 1 | pi | n | vpf | 6 |
| 119 <i>Mammillaria pilispina</i> Purpus | R | | R* | 2 | a | ve | 4 | 3 | bl | 1.5 | i | 1.2 | r | cl | 1.2 | gl | n | vpf | 7 |
| 120 <i>Mammillaria plumosa</i> Weber | V | x | A* | 1, 2 | a | bl | 7 | 7 | bl | 1.5 | c | 1 | bl | cl | 0.5 | ru | n | vf | 4 |
| 121 <i>Mammillaria pottsii</i> Scheer ex Salm-Dyck | | | | 2 | g | bl | 4 | 15 | ro | 1 | i | 1 | r | cl | 1 | ru | n | vpf | 5 |
| 122 <i>Mammillaria prolifera</i> (Miller) Haworth | | | | 1, 2, 3 | g | ve | 4 | 6 | am | 2 | i | 1.2 | r | cl | 1 | gl | n | vf | 6 |
| 123 <i>Mammillaria ritteriana</i> Boedecker | | | | 2 | g | ve | 7 | 1.2 | ro | 2 | i | 1.2 | r | cl | 1 | gl | c | vpf | 4 |
| 124 <i>Mammillaria rodfotiana</i> Martínez-Avalos J. | | | | 3 | g | ve | 5 | 5 | am | 3 | i | 1 | vr | cl | 1 | gl | n | vpf | 5 |
| 125 <i>Mammillaria roseoalba</i> Boedecker | R | | R* | 3 | g | ve | 18 | 6 | bl | 1.5 | c | 1.5 | r | cl | 1.4 | pi | c | vpf | 8 |
| 126 <i>Mammillaria rubrograndis</i> Reppenhagen et. Lau | R | | R* | 3 | g | ve | 18 | 10 | ro | 4 | i | 1.8 | r | pi | 1.1 | gl | n | vpf | 8 |
| 127 <i>Mammillaria sanchez-mejoradae</i> González | E | | P* | 2 | g | bl | 2.5 | 2 | r | 1 | i | 1 | r | cl | 1 | gl | n | vpf | 4 |
| 128 <i>Mammillaria sinistrohamata</i> Boedecker | | | | 1 | a | ve | 5 | 5 | am | 1.5 | i | 1.5 | r | cl | 1 | pi | n | vpf | 6 |
| 129 <i>Mammillaria sororia</i> Meinshausen | | | | 3 | g | ve | 5 | 4 | ro | 1.5 | i | 1 | r | cl | 1 | pi | n | vpf | 5 |
| 130 <i>Mammillaria sphaerica</i> Dietrich | | | | 3, 2 | g | ve | 5 | 6 | am | 7 | i | 1.5 | vr | cl | 1 | pi | n | vf | 4 |
| 131 <i>Mammillaria stella-de-tacubaya</i> Hesse | R | | R* | 1 | g | ve | 5 | 5 | bl | 1.5 | i | 1 | r | cl | 0.5 | ab | n | vpf | 5 |
| 132 <i>Mammillaria surculosa</i> Boedecker | R | | R* | 3 | a | ve | 3 | 4 | am | 1.8 | i | 4 | r | cl | 0.5 | pi | n | vf | 4 |
| 133 <i>Mammillaria viereckii</i> Boedecker | | | | 3 | a | am | 3 | 4 | am | 4 | i | 1 | r | cl | 1 | pi | n | vpf | 4 |
| 134 <i>Mammillaria viperina</i> Purpus | | | | 2 | a | ve | 2 | 12 | ve | 1.5 | i | 1 | r | cl | 1 | pi | n | vpf | 5 |
| 135 <i>Mammillaria weingartiana</i> Boedecker | V | | A* | 2 | a | ve | 5 | 5 | ve | 1 | i | 1 | r | cl | 1 | pi | n | vpf | 6 |
| 136 <i>Mammillaria zahmiana</i> Boedecker | I | | | 1, 2, 3 | a | ve | 30 | 10 | am | 3 | i | 1.2 | r | cl | 1 | pi | n | vpf | 6 |
| 137 <i>Mammillaria caerulea</i> Craig | | | | 1 | g | ve | 6 | 12 | ro | 1.5 | i | 1 | r | cl | 1.2 | pi | c | vpf | 5 |
| 138 <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart) Cosole | | | | 1, 2, 3 | c | ve | 400 | 400 | am | 8 | c | 1.5 | r | gl | 1.5 | pi | n | vf | 10 |
| 139 <i>Neolloydia conoidea</i> (DC.) Br. & Rose | | | | 1, 2, 3 | g | gr | 7 | 30 | r | 5 | i | 2 | vr | gl | 1.5 | pi | n | vpf | 2 |
| 140 <i>Neolloydia ceratites</i> Quehl | | | | 1, 2 | g | gr | 7 | 12 | r | 3.5 | c | 1.2 | am | gl | 1.5 | pi | n | vpf | 2 |
| 141 <i>Neolloydia beguinii</i> Weber | | | | 1 | g | gr | 5 | 15 | am | 4 | i | 1.2 | r | gl | 1.3 | pi | n | vpf | 2 |
| 142 <i>Neolloydia matehualensis</i> Backeberg | | | | 1, 2 | g | gr | 5 | 15 | r | 3 | i | 1.2 | bl | gl | 1.4 | gl | n | vpf | 2 |
| 143 <i>Neobuxbaumia euphorbioides</i> (Haworth) Bux. | V | | | 3 | c | ve | 15 | 500 | am | 10 | i | 6 | n | ob | 3 | ob | n | vpf | 5 |
| 144 <i>Obregonia denegrii</i> Fric | V | | A* | 3 | a | ve | 25 | 5 | bl | 2.5 | i | 0.8 | bl | cl | 1 | pi | n | vpf | 4 |
| 145 <i>Opuntia agglomerata</i> Berger | | | | 1 | ra | ve | 100 | 300 | ro | 5 | c | 4 | r | gl | 2 | pi | n | vf | 10 |
| 146 <i>Opuntia braditiana</i> * (Coulter) Brandege | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 147 <i>Opuntia chaffeyi</i> Br. & Rose | | | | 1 | ra | ve | 60 | 35 | am | 8 | c | 4 | r | gl | 2 | pi | n | vf | 10 |
| 148 <i>Opuntia stricta</i> * Haworth | | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 149 <i>Opuntia dejecta</i> S.D. | | | | 3 | ra | ve | 120 | 200 | ro | 5 | i | 5 | r | gl | 2 | ovo | n | vf | 10 |
| 150 <i>Opuntia dumetorum</i> Berger | | | | 3 | ra | ve | 70 | 500 | ro | 8 | i | 6 | ros | gl | 1.5 | pi | n | vf | 10 |
| 151 <i>Opuntia engelmansii</i> Salm-Dyck | | | | 1, 2, 3 | ra | ve | 120 | 200 | am | 5 | i | 2.5 | r | gl | 1.5 | pi | n | vf | 10 |
| 152 <i>Opuntia imbricata</i> (Haworth) D.C. | | | | 1, 2, 3 | r | ve | 10 | 300 | r | 4 | c | 3 | am | gl | 1.5 | pi | n | vf | 10 |
| 153 <i>Opuntia kleiniae</i> D.C. | | | | 1, 3 | ra | ve | 40 | 250 | r | 3 | c | 3 | r | gl | 1.5 | gl | n | vf | 10 |
| 154 <i>Opuntia leucotricha</i> D.C. | | | | 3, 2, 1 | ra | ve | 10 | 500 | ro | 8 | c | 6 | ros | gl | 3 | or | c | vf | 10 |
| 155 <i>Opuntia lindheimeri</i> Engelmans | | | | 3 | ra | ve | 100 | 300 | am | 8 | i | 7 | r | gl | 4 | pi | n | vf | 10 |