

15
2g.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE CIENCIAS

**Patrones de distribución
de cactáceas en el
Estado de Guanajuato**

TESIS

que para obtener el título de

BIÓLOGO

Presenta

Rolando Tenoch Bárcenas Luna

Director de tesis

Dr. Héctor M. Hernández Macías

1999

271382

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Con admiración y respeto a todos los exploradores y científicos de los tiempos pasados, presentes y futuros, que con su esfuerzo y dedicación nos han permitido entender un poco más este maravilloso mundo en que vivimos.

"En donde existe un proceso, existe un movimiento y eso es desarrollo y más y esto, es siempre el principio..."

Viktor IV, logbook page, mayo 12 de 1972.

"Q &A"



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron con su apoyo tanto en la logística como en el desarrollo y finalización de este proyecto.

A mi querida esposa María, que aún conociendo la ferocidad de las glóquidas y espinas de estas suculentas fué y sigue siendo, puntal decisivo en la mayor parte de este proyecto y con la que recorrí varios cientos de kilómetros por los caminos de Guanajuato, sacrificando no sólo gran parte de su tiempo para ello, sino también gran parte de su esfuerzo físico y mental. Agradezco sus atinados comentarios y sugerencias en la producción de mapas y diseño del formato.

A mis padres Héctor y Laura, quienes me apoyaron en la decisión de estudiar Biología y siempre estuvieron dispuestos a escucharme.

A mis hermanos, Bárbara Xóchitl y Álvaro Cuitláhuac quienes compartieron su espacio y su tiempo conmigo y con varios ejemplares de herbario.

A Gabriela Luna y Javier Mendoza, que nunca dejaron de apoyarme con el uso de sus hornos para la producción de ejemplares de herbario.

A José Luna por su valiosa ayuda en la producción de las transparencias de los mapas de este trabajo.

A la Dra. Hilda Flores Olvera y la Dra. Helga Ochoterena Booth, que me abrieron los ojos al maravilloso mundo de las espermatofitas y me enseñaron que las plantas son un vasto universo de conocimientos en espera de ser descubierto.

Al Dr. Héctor M. Hernández, que me aceptó hace tiempo ya, como integrante de su equipo de trabajo para el estudio de estas fantásticas plantas suculentas, además

de brindarme su amistad y experiencia a lo largo de todo este tiempo y en todas las fases de este proyecto. Su amistad, ayuda y comentarios serán siempre valorados.

A mis asesores, que me brindaron su tiempo y sus conocimientos para enriquecer y madurar este trabajo, los cuales dentro de sus múltiples ocupaciones accedieron a la revisión de estos textos: Dr. Héctor M. Hernández, Dr. Fernando Chiang Cabrera, M. en C. Jaime Jiménez Ramírez, M. en C. Susana Valencia Ávalos y Dr. Jerzy Rzedowski.

Al personal del Instituto de Biología, UNAM y en particular al del Herbario Nacional de México, que siempre estuvieron dispuestos a ayudarme en todo.

A Carlos Gómez Hinostrosa, que me brindó su tiempo y esfuerzo en diferentes recorridos por el Estado.

Al personal del Herbario IEB, en Pátzcuaro, Michoacán, por permitirme consultar su herbario y su biblioteca, en particular al Dr. Jerzy Rzedowski que con su *Vegetación de México* me alentó aún más al conocimiento de la flora de este megadiverso país.

A Charles Glass (*in memoriam*) y Alonso García, por su apreciable tiempo en la excursión a los municipios de Xichú y Atarjea.

Al Estado de Guanajuato y en particular a su gente, que siempre estuvo dispuesta e interesada en ayudarme en el campo y a conocer más de su flora cactológica.

A todos los amigos y conocidos que me apoyaron en este trabajo: María Fernanda Figueroa, Karina Santos, Horacio Bonfil, Francisco Soberón, María Elena Chánez, Miriam Ramírez, Rafael Torres, Alfredo Wong, Betsy Parish, Joanie Barcal, Paul Crossley, Adria Calaressu y Erick Russman.



RESUMEN

Las 92 especies de cactáceas encontradas en Guanajuato, sitúan al Estado entre los nueve más diversos del país, destacando la gran riqueza de especies de *Mammillaria*, con lo que posiblemente Guanajuato sea el principal centro de concentración de especies del género en el Continente.

Las especies de cactáceas de Guanajuato poseen diversas afinidades geográficas, dentro de las que destacan las especies con distribución disyunta, las especies con afinidad a la región montana y las de afinidad Queretano-Hidalgense. Existen además, un total de 31 especies de cactáceas cuyas afinidades son inciertas, con lo cual, se denota la gran heterogeneidad cactológica del Estado.

Las especies de cactáceas de Guanajuato concentran su distribución geográfica en regiones bien delimitadas de la entidad, observándose que el 65.2% de las especies tienen un nivel de distribución altamente restringido. Estas especies, se distribuyen de manera preferencial en las regiones noreste y noroeste de Guanajuato, siendo

estas regiones las más ricas en cuanto al número de especies de cactáceas se refiere.

Los tipos de vegetación que sobresalen por poseer las más altas concentraciones de especies así como los más altos grados de restricción son los matorrales xerófilos en primer lugar, seguidos por los bosques templados.

También, las afinidades por los sustratos geológicos se hacen patentes al observarse que un total de 37 especies se restringen a los dos tipos de sustratos geológicos propuestos en este trabajo.

Con respecto al estado de rareza y conservación de las especies de cactáceas del Estado, se determinó conforme a los parámetros analizados (índices de rareza regional y datos cualitativos de distribución a tipos de sustrato geológico y afinidad por vegetación), que el 48.9% de las especies son consideradas como raras, por lo que se proponen algunas de estas especies para su inclusión en los listados oficiales de especies amenazadas tanto a nivel nacional como internacional.



ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

| | |
|---------------------------------|---|
| 1.1 Centros de Diversidad | 1 |
| 1.2 Estado de Amenaza | 1 |
| 1.3 Taxonomía | 2 |
| 1.4 Objetivos | 2 |

CAPÍTULO 2. ÁREA DE ESTUDIO

| | |
|--------------------------------|---|
| 2.1 Ubicación Geográfica | 3 |
| 2.2 Rasgos Geológicos | 3 |
| 2.3 Climatología | 4 |
| 2.4 Vegetación | 5 |

CAPÍTULO 3. MÉTODO

| | |
|--|---|
| 3.1 Cuadros y Georreferenciación | 6 |
| 3.2 Trabajo de Campo | 6 |

| | |
|--|---|
| 3.3 Base de Datos | 7 |
| 3.4 Elaboración de Mapas | 7 |
| 3.5 Índices de Frecuencia Regional, Amplitud Geográfica Regional y Rareza Regional | 7 |

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

| | |
|---|----|
| 4.1 Análisis Florístico | 9 |
| 4.2 Análisis de Afinidad Geográfica | 10 |
| 4.3 Patrones de Distribución Espacial | 12 |
| 4.4 Afinidad por Vegetación | 15 |
| 4.5 Afinidad por Sustrato Geológico | 17 |
| 4.6 Estado de Rareza y Conservación | 19 |

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

| | |
|------------------------|----|
| 5.1 Conclusiones | 21 |
| Bibliografía | 23 |
| Apéndices | |



LISTA DE APÉNDICES, FIGURAS Y TABLAS

LISTA DE APÉNDICES

- Apéndice 1. Lista de especies de cactáceas de Guanajuato, ejemplares de referencia, índices de frecuencia regional (IFR), amplitud geográfica regional (IAGR), rareza regional (IRR) y características de afinidad.
- Apéndice 2. Lista de especies por cuadro.
- Apéndice 3. Mapa de climas y precipitación de Guanajuato.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Análisis de composición taxonómica.
- Figura 2. Frecuencia de especies por afinidad geográfica.
- Figura 3. Distribución de frecuencias de las especies por número de cuadros ocupados.
- Figura 4. Patrones de diversidad de las cactáceas en Guanajuato.
- Figura 5. Distribución de frecuencias de las especies por número de tipos de vegetación ocupados.
- Figura 6. Histograma de frecuencias de las especies por tipo de vegetación.
- Figura 7. Distribución de frecuencias de las especies por tipo de sustrato geológico.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Nombre, número y coordenadas geográficas de los cuadros en Guanajuato.
- Tabla 2. Riqueza de especies de cactáceas por unidad geográfica.
- Tabla 3. Especies con distribución geográfica disyunta.
- Tabla 4. Especies con afinidad montana.
- Tabla 5. Especies con afinidad a la Zona Árida Queretano-Hidalgüense.
- Tabla 6. Especies con afinidad a la Región del Desierto Chihuahuense.
- Tabla 7. Especies con afinidades inciertas.
- Tabla 8. Porcentajes de afinidad geográfica del núcleo primario de concentración de cactáceas.
- Tabla 9. Especies exclusivas de matorrales xerófilos.
- Tabla 10. Especies exclusivas de bosques templados.
- Tabla 11. Especies exclusivas de sustratos ígneos.
- Tabla 12. Especies con preferencia por sustratos ígneos.
- Tabla 13. Especies exclusivas de sustratos sedimentarios.
- Tabla 14. Especies generalistas de sustratos geológicos.
- Tabla 15. Especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-94.
- Tabla 16. Especies que deberían ser incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-94.
- Tabla 17. Especies que deberían ser incluidas en el apéndice 1 de CITES.



1. INTRODUCCIÓN

1.1 CENTROS DE DIVERSIDAD

Las especies de la familia Cactaceae se encuentran distribuidas principalmente en las regiones áridas y semiáridas, aunque también se les encuentra en otras regiones más húmedas, como bosques de pino y encino, en los bosques tropicales caducifolios y perennifolios, así como en los bosques mesófilos de montaña.

La familia Cactaceae es autóctona del Continente Americano, en donde existen dos centros principales de diversidad de especies, uno en Norteamérica, ubicado en la región centro-norte de México extendiéndose hasta el SO de los Estados Unidos de Norteamérica y el centro de diversidad sudamericano, que se encuentra en la zona árida y semiárida del SO andino de Perú, Chile y Argentina. Otros centros de concentración de cactáceas están en el E de Brasil y en la región de Centroamérica incluyendo algunas porciones del SE mexicano, en donde se distribuye un importante grupo de especies epífitas de zonas húmedas (Barthlott y Hunt 1993; Hernández y Godínez 1994; Hernández y Bárcenas 1995, 1996).

México es el más importante centro de concentración de especies de cactáceas a nivel mundial, con un total de 48 géneros y 563 especies aproximadamente (Hunt 1992; Hernández y Godínez 1994; Hernández y Bárcenas 1995, 1996). Dentro del país, se reconocen dos regiones particularmente ricas en especies y altos índices de endemismo: la región sureste y este del Desierto Chihuahuense y la Zona Árida Queretano-Hidalguense, las cuales destacan también por ser poseedoras de las concentraciones más altas de cactáceas amenazadas en el mundo (Hernández y Bárcenas 1995, 1996). Existen

otros centros importantes de gran diversidad de cactáceas en el país, como el Desierto Sonorense (Turner et al. 1995), el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Arias et al. 1997) y la Cuenca del Balsas junto con el Istmo de Tehuantepec (Torres et al. 1997).

1.2 ESTADO DE AMENAZA

La familia Cactaceae posee cualidades que la hacen ser una de las familias más amenazadas del mundo (Hernández y Bárcenas 1996). Por un lado, aproximadamente el 35% de las especies mexicanas (197 spp.) se encuentran amenazadas de alguna manera (Hernández y Godínez 1994; Hernández y Bárcenas 1996), además, los altos índices de endemismo, así como sus largos ciclos de vida y sus bajas tasas de reclutamiento, colocan a las cactáceas en una situación de extrema vulnerabilidad frente a los disturbios estocásticos del ambiente y los eventos de perturbación provocados por las actividades humanas. Dentro de estas actividades destaca, primordialmente, la colecta ilegal de especies con fines ornamentales, la cual es estimulada generalmente por las necesidades de coleccionistas privados. Conforme el conocimiento florístico avance, se irán sentando las bases que permitirán modificar los marcos legales que en materia de recursos naturales poseemos, con el fin de proteger lo más inteligentemente posible y de manera sustentable estas fuentes de riqueza con que contamos en el país.

Es indudable que el conocimiento objetivo de nuestra flora permitirá el desarrollo de planes reales de conservación de los recursos florísticos del país. Un

INTRODUCCIÓN

ejemplo ilustrativo a este respecto es el reciente decreto de área natural protegida con características de reserva de la biosfera en el municipio de Guadalcázar, S.L.P. (Periódico Oficial del Estado de San Luis Potosí 1997), la cual, fue decretada por ser una de las zonas más ricas en especies de cactáceas del país.

1.3 TAXONOMÍA

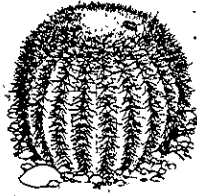
La particular situación de las cactáceas en los herbarios provoca serios problemas para su estudio científico. Por un lado, las colecciones científicas son generalmente muy pobres, debido principalmente a la gran dificultad que implica el herborizar estas plantas (Clover 1952; Baker et al. 1985; Leuenberger 1987). Además, la problemática de los ejemplares de herbario se acentúa de manera considerable al examinar las etiquetas de algunos ejemplares, las cuales contienen en muchos casos, información incompleta o errónea, la cual no puede ser utilizada con propósitos científicos (Hernández y Godínez 1994).

Otro gran problema es que en muchas ocasiones el conocimiento sobre cactáceas, particularmente en lo relativo a localidades y nuevos registros, no trasciende a los medios académicos y sólo se transmite oralmente dentro de círculos de aficionados y de manera anecdótica, existiendo además, una gran ignorancia sobre la importancia que tiene el material de herbario para los trabajos botánicos de cualquier índole (Hernández et al. 1993).

Sin embargo, posiblemente el problema más grave que enfrenta la taxonomía de la familia ha sido el provocado por aficionados y horticultores, al originar interminables listas de sinónimos, nombres inválidos, así como nuevos taxa basados en caracteres muy plásticos. Se ha calculado (Gibson et al. 1986) la existencia de aproximadamente 11,000 binomios y 400 nombres genéricos para la familia. Otros cálculos (Hunt 1991), señalan que cerca del 50% de los 7,000 nombres publicados a nivel específico para las cactáceas, carecen de un tipo nomenclatural.

1.4 OBJETIVOS

Este trabajo forma parte de un proyecto de mayores dimensiones sobre el conocimiento de la riqueza de cactáceas del centro y norte de México (Hernández et al. 1993; Hernández y Godínez 1994; Hernández y Bárcenas 1995, 1996; Hernández et al. 1999; Gómez 1998). Los objetivos centrales en este estudio fueron determinar la diversidad cactológica en el Estado de Guanajuato; categorizar los patrones de distribución geográfica y delimitar las zonas más importantes de concentración de especies de cactáceas dentro de cuadros de 30' de latitud x 30' de longitud; determinar las preferencias de sustratos geológicos y de tipos de vegetación de las cactáceas del Estado, así como producir información sobre el estado de conservación de las especies de cactáceas del Estado.



2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Estado de Guanajuato se localiza en la porción central de México y colinda con los estados de San Luis Potosí al norte, Querétaro al sureste y Michoacán y Jalisco al oeste. Guanajuato posee una superficie de 30,491 km² y está ubicado de los 20° 01' Lat. N y 100° 42' Long. O en el Municipio de Acámbaro hacia el sur y los 21° 39' Lat. N y 101° 28' Long. O al norte, en el Municipio de Ocampo. Hacia el este se limita a los 21° 16' Lat. N y 99° 43' Long. O en el Municipio de Atarjea y hacia el oeste en los 20° 43' Lat. N y 101° 52' Long. O en el municipio de Manuel Doblado.

2.2 RASGOS GEOLÓGICOS

El Estado se encuentra ubicado dentro de la Altiplanicie Meridional, que abarca a los estados de Guanajuato, Aguascalientes, Querétaro, Distrito Federal, parte de Zacatecas, Jalisco, Michoacán e Hidalgo. Esta Altiplanicie posee una forma rómbica cuya diagonal mayor es de 750 km y la menor de 400 km. Cubre un área con altitud media próxima a 2,000 m y se limita por la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental, al sur por el Eje Neovolcánico y al norte por la Altiplanicie Septentrional. La apariencia general de la región muestra una sucesión de llanuras a distintos niveles, limitadas por nevaduras volcánicas más o menos aisladas que forman una superficie inclinada hacia el norte (Tamayo 1962).

Guanajuato se caracteriza por ser un Estado con un relieve accidentado en donde confluyen tres regiones fisiográficas importantes en el país: la Mesa del Centro, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental

(Tamayo 1964; Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; Ferrusquía 1998).

La Mesa del Centro, se localiza en la porción central del Estado, limitada al sur por el Eje Neovolcánico y al este por la Sierra Madre Oriental. En esta provincia, se localizan de manera dispersa las rocas metamórficas más antiguas del Estado pertenecientes al periodo Triásico. También de manera aislada, afloran algunas rocas clásticas y químicas pertenecientes al periodo Triásico-Jurásico. Sin embargo, en la mayor parte de la Mesa del Centro se localizan sustratos geológicos pertenecientes al Terciario, los cuales están compuestos de rocas ígneas extrusivas que forman el cuerpo principal de las montañas encontradas en esta región del Estado. Además, en esta provincia, se ubican grandes extensiones de sustratos geológicos de origen aluvial y edad cuaternaria, los cuales están intercalados entre las cadenas montañosas de la Mesa del Centro. Las principales cadenas montañosas de esta provincia son la Sierra de Santa Bárbara con 2870 m, la Sierra Cuatralba con 2730 m y la Sierra Jacales con 2580 m. Otra importante serranía es la del Cubo, la cual forma parte de la Sierra de Zacatecas y se extiende en dirección noreste a suroeste. Sus elevaciones más notables son el Cerro Pelón con 2680 m y el Cerro Cuchillo de Águilas con 2500 m. El límite occidental de la región de la Cuenca Alta del río La Laja está formado por la Sierra de San Pedro, la cual también forma parte de la Sierra de Zacatecas y se extiende de noroeste a suroeste. Sus elevaciones más importantes son el Cerro de San Juan con 2500 m el Cerro del Ocote con 2250 m y la Mesa del Tanque con 2250 m. La Sierra de Guanajuato forma

ÁREA DE ESTUDIO

las estribaciones australes de la Sierra de Zacatecas y se extiende de noroeste a suroeste. Sus montañas más elevadas son el Cerro del Gigante con 2987 m y el Cerro de San Antón con 2525 m (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; Quero 1984).

La provincia del Eje Neovolcánico se localiza en la región sur y suroeste del Estado, limitada al norte por la Mesa del Centro. En esta provincia, se encuentran representados los sustratos geológicos correspondientes a los periodos Terciario y Cuaternario. Los sustratos geológicos del Terciario, están formados por rocas ígneas extrusivas, las cuales son el componente principal de la mayoría de las montañas de esta región. Los sustratos geológicos del periodo Cuaternario, forman dos diferentes estructuras geomorfológicas; primero, las llanuras aluviales en las partes bajas de la región y las elevaciones montañosas, conformadas por rocas ígneas extrusivas. Las principales cadenas montañosas de esta provincia son la Sierra de Los Agustinos con altitudes de hasta 2850 m y la Sierra de Pénjamo con altitudes de hasta 2500 m. Otras sierras importantes en esta provincia son las de Codornices, Santa Rosa de la Media Luna y la de Comanjilla (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; Navarro 1987).

La provincia de la Sierra Madre Oriental, se localiza en la región este del Estado, limitada al oeste por la Mesa del Centro. En esta provincia, se encuentran sustratos geológicos de edad cretácica compuestos de rocas sedimentarias químicas, aunque también están representadas en menor medida las rocas sedimentarias clástico-químicas. Otro sustrato geológico importante en esta provincia, es de edad terciaria y está constituido por rocas ígneas extrusivas, las cuales forman el cuerpo principal de las cadenas montañosas de esta accidentada región del Estado. En esta provincia se encuentra una parte del gran macizo de la Sierra Gorda, de la que forman parte

sierras de menor altitud como la de Xichú, Pozos, Jofre y Peñuelas. Además, una sierra importante de esta región es la sierra El Azafrán con altitudes de 2380 m (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; Navarro 1984).

2.3 CLIMATOLOGÍA

Los climas en el Estado se asocian a dos grupos: los del grupo C o climas templados húmedos y los del grupo B que son climas secos.

El grupo climático C se caracteriza por ser templado húmedo y se desarrolla en las zonas montañosas o llanuras de altitud superior a 800 o 1000 m y en lugares en donde la temperatura media anual oscila entre los 12° y 18°C. Los climas del grupo C en Guanajuato, se distribuyen primordialmente en las regiones del suroeste y sureste del territorio, así como en una limitada región en la porción noroeste del Estado (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; García 1981; INEGI 1989).

En Guanajuato existe el subgrupo climático (A)C o semicálido, que posee características de transición entre los típicamente A y los C, observándose una tendencia marcada por las condiciones climáticas típicas del grupo A. Este clima está presente en las regiones centrales, sur y sureste del Estado, así como en una pequeña porción de la región noreste de Guanajuato (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; García 1981; INEGI 1989).

Por otro lado, dentro del grupo climático B o climas secos, se distingue el tipo BS con dos subtipos presentes en Guanajuato: el BS₁ y el BS₀. El subtipo BS₁ es un clima semiseco mientras que el BS₀ corresponde a un clima seco. Estos subtipos climáticos están presentes en una amplia porción del centro-este y norte del Estado, así como en una pequeña zona del noreste del Estado (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; García 1981; INEGI 1989).

2.4 VEGETACIÓN

El Estado de Guanajuato es uno de los estados de la República Mexicana con mayor superficie dedicada a las actividades agrícolas, las cuales cubren cerca del 66.5% de su superficie, por lo que también, es uno de los estados del país cuya vegetación está más alterada y fragmentada. Es muy probable que la gran diversidad de matorrales encontrada en el Estado sea un reflejo de las diferentes fases sucesionales de la vegetación original, la cual ha sido transformada en espectaculares campos de cultivo como en la región del Bajío. Además, los bosques templados del Estado han sido históricamente explotados para la obtención de productos de madera, como leña para consumo casero e industrial, particularmente en la industria minera, que requiere de considerables cantidades de leña para sus fundiciones, así como de una importante cantidad de madera destinada a la producción de durmientes y vigas para el apuntalamiento de los túneles mineros (Quero 1984; Flores y Gerez 1994; Challenger 1988; INEGI 1997).

Debido a esta gran perturbación de la vegetación, en Guanajuato se hace difícil la ya complicada delimitación de los tipos de vegetación encontrados en su territorio, no obstante y para los propósitos de este estudio, se adoptaron los tipos de vegetación propuestos por Rzedowski (1978) incluyendo a la vegetación de pastizales dentro de la vegetación de matorrales xerófilos y agrupando a los bosques de coníferas y de *Quercus* como bosques templados.

Es necesario aclarar que, aún cuando los bosques templados han sufrido cierto grado de perturbación en

mayor o menor escala, los bosques tropicales han sido los más afectados, debido a que el clima y los suelos en los que se desarrollan estas comunidades poseen características apropiadas para el desarrollo de la agricultura. De manera similar, los bosques espinosos han sido prácticamente erradicados del Estado o modificados en matorrales secundarios con eminencias aisladas de los individuos de esta vegetación original.

La vegetación en el Estado se encuentra representada por los matorrales secundarios del bosque espinoso, con una distribución fragmentada en diversas porciones de la entidad. La vegetación de matorral xerófilo abarca primordialmente la porción noreste del Estado, con algunos manchones que penetran a la región noroeste hasta los límites con el estado de Jalisco. Estos matorrales abarcan cerca del 22.4% de la superficie estatal. Estas comunidades son de tipo arbustivo y se caracterizan por distribuirse en cualquier tipo de condiciones topográficas sin discriminación del sustrato geológico. Los bosques de coníferas y *Quercus*, abarcan cerca del 13.7% de la superficie estatal y se distribuyen en diferentes regiones aisladas tanto en la parte norte como sur. El bosque tropical caducifolio así como el matorral subtropical derivado del primero, abarcan el 8.5% de la superficie de Guanajuato. Estas comunidades se desarrollan de manera fragmentada en la región del Bajío. Este bosque se caracteriza por poseer dos épocas del año bien marcadas, la época lluviosa y la época de sequía cuando los árboles pierden sus hojas. Los integrantes de esta comunidad son especies arbóreas de entre 8 y 15 m de altura, que generalmente se ramifican desde la base o a corta distancia de ésta (Rzedowski 1978; Carranza 1998).



3. MÉTODO

3.1 CUADROS Y GEORREFERENCIACIÓN

El territorio estatal se dividió en 20 cuadros de 30 minutos de latitud por 30 minutos de longitud, abarcando cada uno un área promedio de 2,500 km². En estos cuadros existe una variación diferencial en su área total debido al efecto latitudinal. La tabla 1 enlista a los 20 cuadros estudiados en el Estado y sus coordenadas geográficas.

3.2 TRABAJO DE CAMPO

En este proyecto se realizó una colecta extensiva dentro del Estado, en donde se registraron un total de 980 números de colecta distribuidos en 140 localidades

diferentes. El material botánico colectado se destinó a la producción de ejemplares de herbario por medio del secado convencional en estufas de gas butano y hornos de aire forzado. Estos ejemplares fueron etiquetados e incluidos en la colección de ejemplares herborizados del Herbario Nacional (MEXU).

Las colectas realizadas en este proyecto fueron referenciadas geográficamente por medio de un sistema de posicionamiento geográfico (GPS-Magellan 2000), utilizando el sistema de grados, minutos y segundos. Estas coordenadas complementan las descripciones escritas de las localidades estudiadas, partiendo de puntos geográficos conocidos o cuya existencia se representa en la carta topográfica, escala 1:500,000 de la Secretaría de Programación y Presupuesto (1980) y con la misma escala

TABLA 1. Nombre, número y coordenadas geográficas de los cuadros en el Estado de Guanajuato.

| Nombre | Número | Coordenadas Geográficas |
|-----------------------|--------|--|
| 1. Ojuelos | 733 | 21° 30' - 22° 00' N, 101° 30' - 102° 00' W |
| 2. Ocampo | 734 | 21° 30' - 22° 00' N, 101° 00' - 101° 30' W |
| 3. Villa de Reyes | 613 | 21° 30' - 22° 00' N, 100° 30' - 101° 00' W |
| 4. El Realito | 614 | 21° 30' - 22° 00' N, 100° 00' - 100° 30' W |
| 5. León | 735 | 21° 00' - 21° 30' N, 101° 30' - 102° 00' W |
| 6. Guanajuato | 736 | 21° 00' - 21° 30' N, 101° 00' - 101° 30' W |
| 7. San Luis de la Paz | 621 | 21° 00' - 21° 30' N, 100° 30' - 101° 00' W |
| 8. Xichú | 622 | 21° 00' - 21° 30' N, 100° 00' - 100° 30' W |
| 9. Peñamiller | 623 | 21° 00' - 21° 30' N, 99° 30' - 100° 00' W |
| 10. Doblado | 737 | 20° 30' - 21° 00' N, 101° 30' - 102° 00' W |
| 11. Irapuato | 738 | 20° 30' - 21° 00' N, 101° 00' - 101° 30' W |
| 12. San Miguel | 629 | 20° 30' - 21° 00' N, 100° 30' - 101° 00' W |
| 13. Querétaro | 630 | 20° 30' - 21° 00' N, 100° 00' - 100° 30' W |
| 14. Pénjamo | 739 | 20° 00' - 20° 30' N, 101° 30' - 102° 00' W |
| 15. Yuriria | 740 | 20° 00' - 20° 30' N, 101° 00' - 101° 30' W |
| 16. Acámbaro | 637 | 20° 00' - 20° 30' N, 100° 30' - 101° 00' W |
| 17. Coroneo | 638 | 20° 00' - 20° 30' N, 100° 00' - 100° 30' W |
| 18. Zinapécuaro | 646 | 19° 30' - 20° 00' N, 100° 30' - 101° 00' W |
| 19. Tanco | 547 | 20° 30' - 21° 00' N, 102° 00' - 102° 30' W |
| 20. La Piedad | 555 | 20° 00' - 20° 30' N, 102° 00' - 102° 30' W |

de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1993). En caso de que no existiera ninguna población conocida o representada en estas cartas, la posición, además de la referencia geográfica, se describe por medio de las distancias en kilómetros desde un punto previo y generalmente representado en el mapa.

Los análisis realizados en este trabajo incluyen 980 números colectados durante el transcurso del trabajo de campo. Además, se incluyen 87 registros de especies de cactáceas del Estado provenientes de la Base de Datos de Colecciones de Cactáceas de Norte y Centroamérica (Hernández et al., 1993), por lo tanto, se emplearon 1067 registros totales de las especies de cactáceas distribuidas en Guanajuato.

3.3 BASE DE DATOS

La información obtenida del trabajo de campo se condensó en una base de datos con los componentes propuestos por Hernández et al. (1993 modificado). La base de datos permitió el manejo eficaz de la información y la producción automatizada de las etiquetas de herbario. Esta base de datos estatal fue anexada a la Base de Datos de Colecciones de Cactáceas de Norte y Centroamérica del Laboratorio de Cactología del IBUNAM, que cuenta ya con más de 20,000 registros (Hernández et al. 1993 modificado), que han sido el resultado de un extenso trabajo de recopilación de información de ejemplares de 45 herbarios de México y del extranjero, así como de un continuo trabajo de campo.

3.4 ELABORACIÓN DE MAPAS

Las fuentes cartográficas utilizadas en este análisis fueron las cartas de la Secretaría de Programación y Presupuesto escala 1:500,000 (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980), de las series: topográfica, climática y precipitación. Los mapas en este proyecto fueron producidos de acuerdo con el siguiente procedimiento. Las cartas originales fueron fotografiadas en transparencias de color con luz de tungsteno y lente

macro de 55 mm para posteriormente ser digitalizadas por medio de un escáner de color para transparencias y convertidas en imágenes ráster (formato jpeg, con definición de 150 puntos por pulgada). Estas imágenes fueron trabajadas por medio del procesamiento digital de imágenes para la remoción de la información redundante y posteriormente filtradas para resaltar los detalles y así producir las imágenes vectoriales por medio del trazado de los bordes y contornos de la imagen. Los errores de trazado se corrigieron por medio de la sobreposición de las ilustraciones a la proyección de la carta original y finalmente impresas en papel para el análisis de sobreposición geográfica (Monmonier 1993). Este análisis permite correlacionar diversos fenómenos, en este caso naturales, con los patrones de diversidad observados en el Estado.

3.5 ÍNDICES DE FRECUENCIA REGIONAL, AMPLITUD GEOGRÁFICA REGIONAL Y RAREZA REGIONAL

Para conocer los niveles de rareza de las cactáceas del Estado, se determinó el Índice de Rareza Regional (IRR) de las especies, el cual se define como la sumatoria del Índice de Frecuencia Regional (IFR) y del Índice de Amplitud Geográfica Regional (IAGR) dividido entre dos.

El IFR, se define como el cociente del número total de colectas de una especie dividido entre el total de colectas para el Estado (1067 colectas en total). El IAGR, se define como el cociente del número total de cuadros en los que se distribuye la especie, dividido entre el número total de cuadros del Estado (20 cuadros en total). Se reportan solamente las tres primeras cifras significativas después del punto decimal para los valores obtenidos de estos índices.

Ejemplo 1. *Opuntia imbricata* está representada por 82 ejemplares de los 1067 totales, por lo tanto, su índice de frecuencia regional es de $82/1067=0.077$. El índice de frecuencia regional de *Mammillaria multihamata* es de $1/1067=0.001$.

MÉTODO

Ejemplo 2. *Opuntia lasiacantha* fue colectada en 15 cuadros, por lo que su índice de amplitud geográfica regional es $15/20 = 0.750$, mientras que *Mammillaria multihamata* tiene un IAGR de $1/20 = 0.050$.

Ejemplo 3. *Mammillaria multihamata* posee un IFR=0.001 y un IAGR=0.050, por lo que su IRR es

$(0.001+0.050)/2= 0.025$. *Opuntia lasiacantha* posee un IRR igual a $(0.036+0.750)/2 =0.393$ y *O. imbricata* posee un IRR igual a $(0.077+0.450)/2=0.263$.

Los valores de los índices anteriores para las especies de cactáceas del Estado se muestran en el apéndice 1.



4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS FLORÍSTICO

Se reportan en el apéndice 1 un total de 20 géneros y 92 especies (empleando en este trabajo el sistema taxonómico compilado por Hunt (1992) con algunas modificaciones), las cuales son nativas de la entidad. Se excluyen de todos los análisis a las especies cultivadas o introducidas. Cabe mencionar la posible existencia, dentro del Estado, de algunas especies no incluidas en el apéndice 1, ya que las referencias bibliográficas existentes no son confiables o son muy vagas; además, no existen ejemplares herborizados que corroboren su presencia en Guanajuato. Así mismo, es necesario aclarar, que existe todavía material herborizado, principalmente de los géneros *Mammillaria*, *Opuntia* y *Stenocactus*, en espera de ser determinado, con lo cual, la riqueza cactológica de Guanajuato podría incrementarse entre 10 y 12%. También en las diferentes expediciones al campo se colectaron especies que, aunque rigurosamente se encontraban fuera de los límites estatales por escasos segundos o minutos, como *Neobuxbaumia polylopha*, se podría predecir su existencia dentro de los límites geopolíticos de Guanajuato.

El Estado de Guanajuato posee un gran contingente de especies de la subfamilia *Cactoideae*, siendo en ésta en la que radica esencialmente la riqueza del Estado con un total de 18 géneros y 74 especies. La subfamilia *Opuntioideae* se encuentra representada únicamente por los géneros *Pereskia* y *Opuntia*, que en conjunto aportan 18 especies a la riqueza del Estado. No se reportan especies de la subfamilia *Pereskioideae*.

El análisis de composición taxonómica (figura 1), muestra la heterogénea distribución de la riqueza de especies por género. Cabe destacar que, de los 20 géneros reportados, 12 poseen una sola especie —*Aporocactus*, *Astrophytum*, *Hamatocactus*, *Isolatocereus*, *Myrtillocactus*, *Neolloydia*, *Nyctocereus*, *Pereskia*, *Selenicereus*, *Strombocactus*, *Thelocactus* y *Turbinicarpus*. De estos 12 géneros, cuatro son monotípicos —*Isolatocereus*, *Hamatocactus*, *Neolloydia* y *Strombocactus*.

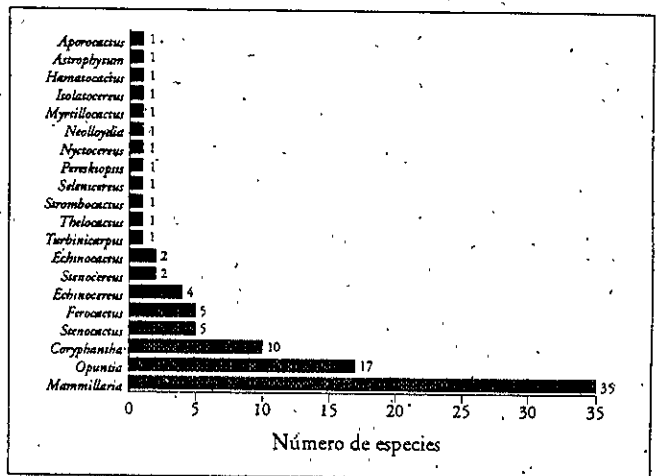


FIGURA 1. Análisis de composición taxonómica.

En el extremo opuesto, existen tres géneros que concentran el 67.4% (62 spp.) de la diversidad estatal, siendo *Mammillaria* el género más rico con 38% (35 spp.) de la diversidad, mientras que *Opuntia* ocupa el segundo lugar con 18.5% (17 spp.) y *Coryphantha* con 10.9% (10 spp.), ocupa el tercer lugar en diversidad de especies del Estado.

RESULTADOS

Considerando el contingente de especies distribuido en el Estado, Guanajuato se cataloga como de riqueza moderada, encontrándose, como se muestra en la tabla 2, entre los nueve primeros estados más ricos en especies de cactáceas del país.

TABLA 2. Riqueza de especies de cactáceas por unidad geográfica.*

| Estado: | Géneros: | Especies: |
|-----------------|----------|-----------|
| San Luis Potosí | 28 | 139 |
| Oaxaca | 30 | 138 |
| Tamaulipas | 27 | 113 |
| Querétaro | 28 | 106 |
| Coahuila | 20 | 95 |
| Guanajuato | 20 | 92 |
| Jalisco | 22 | 90 |
| Nuevo León | 22 | 87 |
| Hidalgo | 22 | 76 |

* Datos extraídos de la Base de Datos de Colecciones de Cactáceas de Norte y Centroamérica.

Aun cuando Guanajuato conjunta una riqueza moderada, posee una mayor diversidad de cactáceas que los estados de Hidalgo, Jalisco y Nuevo León, considerados como de gran riqueza cactológica. La riqueza de Guanajuato es de una magnitud equiparable a la de Coahuila, hecho que demuestra la todavía baja colecta que se ha realizado en este último estado. En comparación con Querétaro, Guanajuato posee un menor número de especies y géneros, lo que posiblemente radique en la ausencia de los elementos afines a los bosques mesófilos de montaña, así como a una menor diversidad cactológica de su vegetación xerófila.

4.2 ANÁLISIS DE AFINIDAD GEOGRÁFICA

La diversidad encontrada en Guanajuato, así como las heterogéneas afinidades geográficas de sus especies de cactáceas, son el resultado de la convergencia de tres provincias fisiográficas, la Mesa del Centro, la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico. Estas provincias poseen características geológicas y climáticas propias (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980 y 1986; Ferrusquía 1998), por lo que cada una aporta distintivos repertorios de especies que configuran un complicado patrón de distribución en el Estado. Además, debido a su posición geográfica, las zonas semiáridas del Estado

posiblemente conformen un puente biogeográfico entre dos regiones xerófilas importantes, la Región del Desierto Chihuahuense y la Zona Árida Queretano-Hidalguese, que también aportan especies con afinidades específicas.

En el siguiente análisis tentativo se agrupa a las especies presentes en Guanajuato en relación a sus afinidades con la Zona Árida Queretano-Hidalguese, con la Región del Desierto Chihuahuense y con el complejo de cadenas montañosas del Estado, designado aquí como región montana. Asimismo, se designan las especies con distribución disyunta y las endémicas del Estado.

1.- Zona Árida Queretano-Hidalguese. Quedan comprendidas en esta región todas aquellas especies cuyo centro de distribución principal es la región árida correspondiente a los estados de Querétaro e Hidalgo y zonas de influencia.

2.- Región del Desierto Chihuahuense. Aquí se ubican a las especies cuyo centro de distribución más característico es el cuerpo principal de la región del Desierto Chihuahuense; de acuerdo con Henrickson y Straw (1976).

3.- Región montana. Estas especies poseen sus centros de distribución en las regiones montañosas y cañadas de los ramales de la Sierra Madre Oriental, el Eje Neovolcánico y algunas cadenas montañosas aisladas de la Mesa del Centro. Este grupo de especies no es propio de regiones de clima árido, sino que más bien, se distribuyen predominantemente en comunidades de bosques templados.

4.- Especies con distribución disyunta. Estas especies se distribuyen a ambos lados del Eje Neovolcánico. Las especies con distribución disyunta, extienden su distribución geográfica hasta las zonas áridas de los estados de Puebla y Oaxaca. El caso de *Opuntia tunicata*, es un ejemplo extremo de distribución disyunta por estar reportada de Argentina, Cuba, Chile, Ecuador y Perú (Hunt 1992; Mourelle y Ezcurra 1996).

5.- Especies endémicas. Este grupo de especies se caracteriza por poseer distribuciones geográficas restringidas a los límites geopolíticos del Estado. Las especies endémicas consideradas en este grupo, reflejan las características de las especies estenoendémicas de

RESULTADOS

Hernández y Bárcenas (1996) y se ubican dentro de la categoría 1 de Hernández y Godínez (1994).

Como se observa en el histograma de frecuencias de la figura 2, un interesante grupo de 19 especies de cactáceas (20.7% del total) despliegan un patrón de distribución geográfico claramente disyunto.

Esta disyunción a ambos lados del Eje Neovolcánico de las especies mostradas en la tabla 3, puede ser explicada como una vicarianza, debido a la emergencia del Eje Neovolcánico; sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de eventos de dispersión a larga distancia.

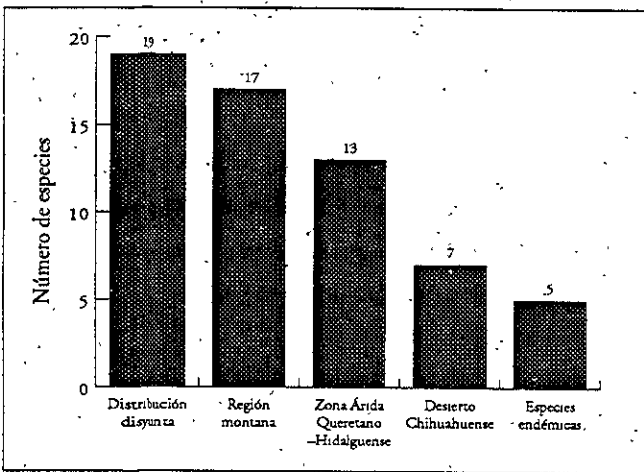


FIGURA 2. Frecuencia de especies por afinidad geográfica.

TABLA 3. Especies con distribución geográfica disyunta.

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Coryphantha radians</i> | <i>Echinocactus platyacanthus</i> |
| <i>Ferocactus latispinus</i> | <i>Ferocactus macrodiscus</i> |
| <i>Isolatocereus dumortieri</i> | <i>Mammillaria uncinata</i> |
| <i>Mammillaria zephyranthoides</i> | <i>Myrtillocactus geometrizans</i> |
| <i>Opuntia hypriacantha</i> | <i>Opuntia imbricata</i> |
| <i>Opuntia kleiniae</i> | <i>Opuntia lasiacantha</i> |
| <i>Opuntia leptocaulis</i> | <i>Opuntia pubescens</i> |
| <i>Opuntia streptacantha</i> | <i>Opuntia tomentosa</i> |
| <i>Opuntia tunicata</i> | <i>Pereskiaopsis diguetii</i> |
| <i>Stenocereus pruinosus</i> | |

La región montana posee un total de 17 especies; es decir, 18.5% de la diversidad total del Estado se distribuye en las regiones montañosas templadas de Guanajuato. Esta afinidad incluye a especies epífitas

como *Aporocactus flagelliformis* además de especies escandentes como *Selenicereus spinulosus* y *Nyctocereus serpentinus*. Las especies con afinidad montana se muestran en la tabla 4.

TABLA 4. Especies con afinidad montana.

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| <i>Aporocactus flagelliformis</i> | <i>Coryphantha clava</i> |
| <i>Echinocereus polyacanthus</i> | <i>Ferocactus echidne</i> |
| <i>Mammillaria densispina</i> | <i>Mammillaria jaliscana</i> |
| <i>Mammillaria kewensis</i> | <i>Mammillaria mendeliana</i> |
| <i>Mammillaria microhelia</i> | <i>Mammillaria petterssonii</i> |
| <i>Mammillaria polythele</i> | <i>Mammillaria pygmaea</i> |
| <i>Nyctocereus serpentinus</i> | <i>Selenicereus spinulosus</i> |
| <i>Stenocactus lamellosus</i> | <i>Stenocactus zacatecensis</i> |
| <i>Stenocereus queretaroensis</i> | |

El 14.1% de las cactáceas de Guanajuato (13 spp.) pertenecen a lo que se podría considerar como la flora cactológica de la Zona Árida Queretano-Hidalguense, con la cual las zonas áridas del Estado poseen claras afinidades florísticas. Las cactáceas con afinidad a esta región se muestran en la tabla 5.

TABLA 5. Especies con afinidad a la Zona Árida Queretano-Hidalguense.

| | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| <i>Astrophytum ornatum</i> | <i>Coryphantha erecta</i> |
| <i>Coryphantha jalpanensis</i> | <i>Ferocactus glaucescens</i> |
| <i>Mammillaria calacantha</i> | <i>Mammillaria elongata</i> |
| <i>Mammillaria hahniana</i> | <i>Mammillaria herrierae</i> |
| <i>Mammillaria longimamma</i> | <i>Mammillaria perbella</i> |
| <i>Mammillaria saetigera</i> | <i>Strombocactus disciformis</i> |
| <i>Thelocactus leucacanthus</i> | |

La tabla 6 muestra a las especies con afinidad a la Región del Desierto Chihuahuense, en donde se observa que siete de las cactáceas que crecen en Guanajuato (7.6% del total) son típicas, aunque no necesariamente se restringen a la Región del Desierto Chihuahuense.

TABLA 6. Especies con afinidad a la Región del Desierto Chihuahuense.

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Echinocactus horizonthalonius</i> | <i>Echinocereus cinerascens</i> |
| <i>Echinocereus pectinatus</i> | <i>Echinocereus pentalophus</i> |
| <i>Mammillaria candida</i> | <i>Neolloydia conoidea</i> |
| <i>Opuntia stenopetala</i> | |

RESULTADOS

Dentro del componente endémico, se encuentran cinco especies, las cuales representan el extremo más alto de rareza dentro del Estado. *Hamatocactus crassihamatus*, *Mammillaria multihamata*, *M. rettigiana*, *M. zeilmanniana* y *Turbincarpus alonsoi* restringen su distribución a pequeñas áreas geográficas dentro del Estado y se conocen solamente de una localidad, con excepción de *H. crassihamatus*, que se conoce de cinco localidades dentro de una pequeña región árida del centro de Guanajuato.

La tabla 7 muestra a las cactáceas clasificadas como de afinidades inciertas. Estas especies se caracterizan por poseer distribuciones geográficas muy amplias en algunos casos y en otros, se carece de la información necesaria que permita de manera más sólida su asociación con alguna afinidad geográfica determinada. Por ejemplo, *Mammillaria compressa* podría ser asociada a las especies de afinidad a la Zona Árida Queretano-Hidalguense, pues es una especie típica de esta región; sin embargo, extiende su área de distribución hacia el norte del país, en varias localidades de la Región del Desierto Chihuahuense.

TABLA 7. Especies con afinidades inciertas.

| | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <i>Coryphantha bumamma</i> | <i>Coryphantha clavata</i> |
| <i>Coryphantha cornifera</i> | <i>Coryphantha octacantha</i> |
| <i>Coryphantha otonis</i> | <i>Coryphantha sulcolanata</i> |
| <i>Ferocactus histrix</i> | <i>Mammillaria compressa</i> |
| <i>Mammillaria decipiens</i> | <i>Mammillaria erectohamata</i> |
| <i>Mammillaria erythrosperma</i> | <i>Mammillaria geminispina</i> |
| <i>Mammillaria gigantea</i> | <i>Mammillaria kunzeana</i> |
| <i>Mammillaria magnimamma</i> | <i>Mammillaria muehlenpfordtii</i> |
| <i>Mammillaria nana</i> | <i>Mammillaria obconella</i> |
| <i>Mammillaria rhodantha</i> | <i>Mammillaria schiedeana</i> |
| <i>Mammillaria seideliana</i> | <i>Opuntia cantabrigiensis</i> |
| <i>Opuntia jaliscana</i> | <i>Opuntia joconostle</i> |
| <i>Opuntia leucotricha</i> | <i>Opuntia megacantha</i> |
| <i>Opuntia rastrera</i> | <i>Opuntia robusta</i> |
| <i>Stenocactus copionogonus</i> | <i>Stenocactus pentacanthus</i> |
| <i>Stenocactus wippermannii</i> | |

4.3 PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Como se ha sugerido (Hernández y Bárcenas 1995), algunas zonas dentro de una amplia región situada en los

límites sur y sureste del Desierto Chihuahuense, incluyendo algunas porciones de la disyunta Zona Árida Queretano-Hidalguense, posiblemente han actuado como refugios climáticos para muchas de las especies de cactáceas durante el último episodio glacial del pleistoceno. De esta manera, las especies de cactáceas se concentran en áreas bien delimitadas dentro de estas regiones caracterizadas por su gran diversidad y por el gran número de especies endémicas, las cuales han sido el producto combinado del aislamiento geográfico de las poblaciones, así como de los tipos de sustratos geológicos particulares en los que se desarrollan.

En el caso de Guanajuato (figura 3), el 32.6% de las especies (30 spp.) de cactáceas restringen su distribución a un solo cuadro, mientras que el 16.3% (15 spp.) se distribuye en dos cuadros y otro 16.3% adicional extiende su distribución a un máximo de tres cuadros. Esto significa que el 65.2% de las especies de cactáceas del Estado tienen un nivel de distribución altamente restringido dentro de Guanajuato.

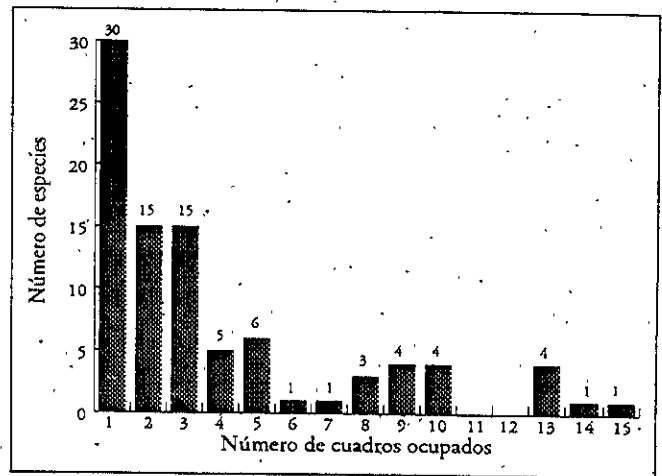


FIGURA 3. Distribución de frecuencias de las especies por número de cuadros ocupados.

En el extremo opuesto, el 10.9% de las especies (10 spp.) se distribuyen de 10 a 15 cuadros (máximo), lo que demuestra la capacidad de algunas especies de cactáceas para dispersarse a lo largo de amplias áreas geográficas. Estos patrones de restricción y amplitud geográfica de las especies, son una característica constante dentro de la familia. En un estudio anterior, Hernández y Bárcenas (1996) determinaron que para las especies amenazadas

RESULTADOS

de la Región del Desierto Chihuahuense, cerca del 35% de estas especies concentran su distribución en tres o menos cuadros de 30 x 30 minutos de latitud y longitud, con lo cual se hacen patentes los altos índices de endemismo local y regional de las cactáceas.

Los patrones de diversidad de las cactáceas de Guanajuato (figura 4) muestran que la región localizada en el centro-este y noreste del Estado, conforma el núcleo primario de concentración de especies de cactáceas (figura 4 con línea punteada gruesa), el cual está conformado por cuatro cuadros, cuya riqueza es mayor a las 30 especies por cuadro. Esta región incluye gran parte de los municipios de Xichú, Victoria, San Luis de la Paz, Atarjea y Allende. Sobresale de este núcleo el cuadro Xichú (cuadro 622), siendo éste el más rico de todos los cuadros del Estado con un total de 56 especies de cactáceas. Este cuadro es, junto con el cuadro Tolimán en Querétaro (Hernández y Bárcenas 1995 y 1996), una de las regiones más ricas en cactáceas dentro de la Zona Árida Queretano-Hidalguense.

Gran parte de este núcleo primario (figura 4 y apéndice 3) posee un clima BS, lo cual hace de esta región una zona propicia para el desarrollo de las cactáceas. Sin embargo, en los cuadros de Peñamiller (cuadro 623) y San Miguel (cuadro 629), se observa una mayor heterogeneidad climática pues se presenta además el clima (A)C. La precipitación en este núcleo primario es heterogénea, pues en la mayor parte de los cuadros de Xichú (cuadro 622) y de San Luis de la Paz (cuadro 621), se presentan las más bajas precipitaciones del Estado con un valor menor a los 600 mm anuales. En los cuadros de San Miguel (cuadro 629) y de Peñamiller (cuadro 623), existen precipitaciones entre los 600 a 800 mm y superiores a los 800 mm anuales.

Las afinidades geográficas de las especies de este núcleo de concentración de cactáceas se observan en la tabla 8. El cuadro Peñamiller (cuadro 623) posee los más altos porcentajes de similitud con la Zona Árida Queretano-Hidalguense y con la Región del Desierto Chihuahuense. En el cuadro San Miguel (cuadro 629), destacan dos componentes importantes: las cactáceas con distribución disyunta (37.5%) y las endémicas del

cuadro, las cuales representan el 6.3% de su flora cactológica.

TABLA 8. Porcentajes de afinidad geográfica del núcleo primario de concentración de cactáceas.*

| Cuadro | Queretano-Hidalguense | Desierto Chihuahuense | Montana | Distribución Disyunta | Endémicas |
|--------|-----------------------|-----------------------|---------|-----------------------|-----------|
| 621 | 6.1 | 6.1 | 15.2 | 30.3 | 3 |
| 622 | 16.1 | 8.9 | 10.7 | 30.4 | 3.6 |
| 623 | 17.5 | 12.5 | 17.5 | 25 | 2.5 |
| 629 | 3.1 | 3.1 | 12.5 | 37.5 | 6.3 |

* Porcentajes en relación al total de la flora para cada uno de los cuadros.

El núcleo secundario de concentración de cactáceas localizado al noreste y noroeste del Estado (figura 4 con línea punteada delgada) se conforma por cinco cuadros (cuadros 613, 614, 734, 735 y 736), con riquezas de entre 15 a 25 especies. Estos cuadros se ubican en los municipios de Ocampo, San Diego, San Felipe, parte de San Luis de la Paz, Allende, Guanajuato, Dolores Hidalgo y León. Destaca dentro de este segundo núcleo, el cuadro El Realito (cuadro 614), el cual posee un total de 25 especies de cactáceas.

Este núcleo secundario es, en términos generales, una región con clima BS (figura 4 y apéndice 3), pero los cuadros de Guanajuato (cuadro 736) y León (cuadro 735) poseen también un clima C y solamente en una pequeña porción de éstos, se presenta el clima (A)C. En cuanto a la precipitación, ésta es una región más húmeda, con valores de 600 a 800 mm y mayores a los 800 mm, a excepción de los cuadros de Ocampo (cuadro 734) y Villa de Reyes (cuadro 613) así como una pequeña porción del cuadro El Realito (cuadro 614), en los que las precipitaciones son menores a los 600 mm anuales.

Los restantes 11 cuadros distribuidos en las regiones suroeste y sureste del Estado (figura 4), albergan el menor número de especies de Guanajuato, variando de 3 a 14 especies por cuadro. Nueve de estos 11 cuadros pertenecen a la región del Bajío, región primordialmente agrícola. El Bajío es entonces, la región más pobre en cuanto a número de cactáceas se refiere, lo cual puede estar relacionado con la gran productividad agrícola de la región, que ha transformado la vegetación primaria en campos de cultivo de importancia central en la economía del país.

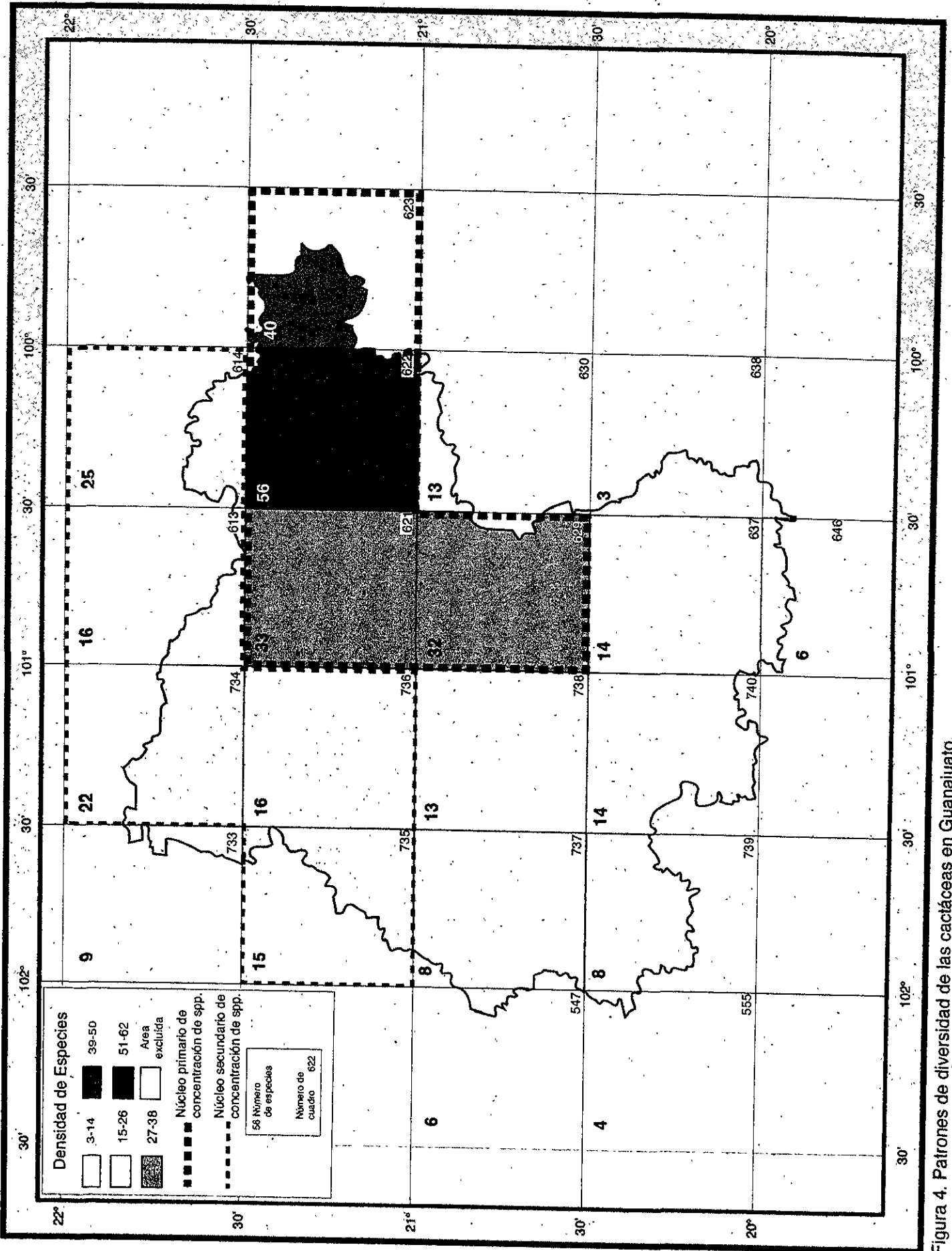


Figura 4. Patrones de diversidad de las cactáceas en Guanajuato.

RESULTADOS

4.4 AFINIDAD POR VEGETACIÓN

Una buena medida de la especialización a los tipos de vegetación que presentan las cactáceas puede ser analizada por el número de tipos de vegetación en los que se distribuye una determinada especie. El grado de especialización a los diferentes tipos de vegetación puede agrupar, a grandes rasgos, dos tipos de especies: aquellas generalistas que se distribuyen en varios tipos de vegetación, sin importar qué tan diferentes sean, mientras que del lado contrario, los taxa especialistas restringen su distribución a un número limitado de tipos de vegetación que aportan las condiciones adecuadas para su distribución. Es necesario mencionar que existen factores asociados muy importantes como los sustratos geológicos, que juegan un papel central en la delimitación de las distribuciones geográficas de las especies, debido a lo cual, estos factores serán analizados en el capítulo de afinidad por sustrato geológico.

En este análisis, se considera a las comunidades vegetales presentes en el Estado siguiendo la propuesta de Rzedowski (1978), bajo los siguientes nombres. Se designan como matorrales xerófilos, a las comunidades de matorrales crasicaules, matorrales rosetófilos, matorrales de *Fouquieria*, pastizales y otras asociaciones vegetales de características xerofíticas. Dentro de los matorrales secundarios de los bosques espinosos, se agrupan a los matorrales arbustivos, matorrales de leguminosas y remanentes aislados de algunos mezquitales. Dentro de los bosques tropicales caducifolios, se agrupan a las comunidades de porte arborescente con alturas de entre 4 a 15 metros y que pierden sus hojas en un periodo variable que oscila alrededor de los seis meses por año. También bajo la misma categoría, se agrupa a los matorrales subtropicales, siendo estos comunidades secundarias estables derivadas de los bosques tropicales caducifolios. Dentro de los bosques tropicales caducifolios del Estado, se pueden citar a las comunidades dominadas por *Bursera* en algunos casos y por leguminosas en la mayoría de las ocasiones. Dentro de los bosques templados, se agrupan a los bosques de *Pinus*, *Quercus*, *Juniperus* y

mixtos. Es necesario aclarar que siete ejemplares, los cuales representan a siete especies incluídas en el apéndice 1, no contaban con información sobre el tipo de vegetación en el que se distribuyen, por lo que el 7.6% de las especies no pudo ser incluído en este análisis.

Como se muestra en la figura 5, un total de 43 especies (46.7%) de las cactáceas de Guanajuato restringen su distribución a un solo tipo de vegetación, siendo algunas de las más características: *Aporocactus flággelliformis*, *Coryphantha jalpanensis*, *Ferocactus macrodiscus*, *Mammillaria herrerae*, *M. longimamma*, *M. multihamata*, *M. rettigiana*, *Strombocactus disciformis* y *Turbinicarpus alonsoi*, entre otras más. Por otro lado, el 19.6% de las especies se restringe a dos tipos diferentes de vegetación, mientras que el 11.9% se distribuye en tres tipos diferentes de vegetación. En lo que respecta a las especies generalistas se cuenta con que el 14.1% de las cactáceas de Guanajuato se distribuye en cuatro tipos diferentes de vegetación, siendo especies como *Myrtillocactus geometrizans* y *O. lasiacantha* las que reportan el menor grado de especialización.

Así, los datos de la figura 5 demuestran la notable preferencia en cuanto al tipo de vegetación requerido por las cactáceas para su distribución, ya que el 66.3% de las especies del Estado se restringe a uno o dos tipos diferentes de vegetación. Por otro lado, se observa también la capacidad de algunas especies de cactáceas generalistas para la colonización de otros tipos de vegetación, sin importar cuán diferentes puedan ser entre sí.

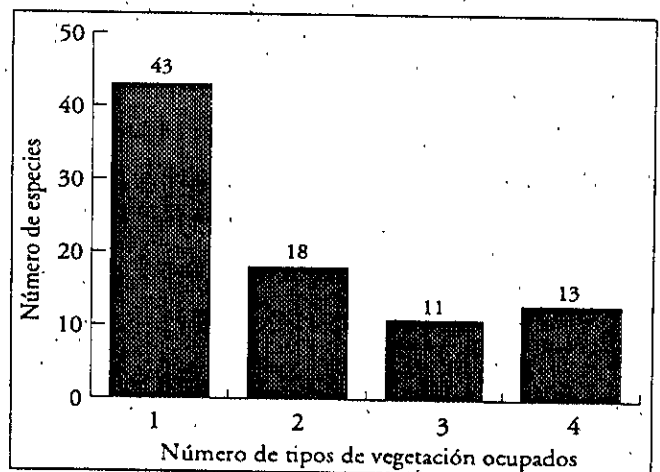


FIGURA 5. Distribución de frecuencias de las especies por número de tipos de vegetación ocupados.

RESULTADOS

La figura 6 muestra que el 78.3% (72 spp.) de las especies del Estado se distribuye en matorrales xerófilos, con lo cual, como ocurre en todas las regiones de México, este tipo de comunidad vegetal ocupa el primer lugar en riqueza de cactáceas dentro de Guanajuato. Es interesante destacar (figura 6) que el 34.8% (32 spp.) de la riqueza estatal se desarrolla exclusivamente en este tipo de matorrales.

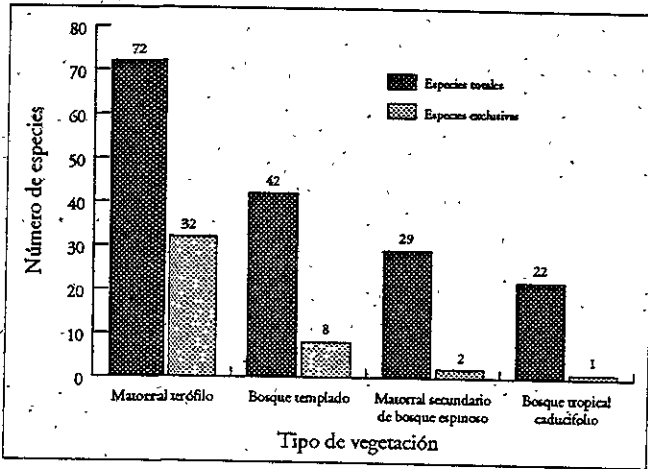


FIGURA 6. Histograma de frecuencias de las especies por tipo de vegetación.

Los altos índices de exclusividad dentro de los matorrales xerófilos soportan ideas previas (Rzedowski 1962, 1991) en cuanto al incremento de los endemismos en las zonas áridas del país, siendo éstas las que han producido, mantienen y que actualmente siguen provocando grandes presiones de selección que resultan en procesos de especiación. Las cactáceas exclusivas de los matorrales xerófilos se muestran en la tabla 9.

TABLA 9. Especies exclusivas de matorrales xerófilos.

| | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <i>Coryphantha bumamma</i> | <i>Coryphantha clava</i> |
| <i>Coryphantha jalpanensis</i> | <i>Coryphantha sulcolanata</i> |
| <i>Echinocactus horizontalis</i> | <i>Echinocereus pectinatus</i> |
| <i>Ferocactus glaucescens</i> | <i>Ferocactus latispinus</i> |

TABLA 9. continuación.

| | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| <i>Ferocactus macrodiscus</i> | <i>Hamatocactus crassihamatus</i> |
| <i>Mammillaria calacantha</i> | <i>Mammillaria compressa</i> |
| <i>Mammillaria erectohamata</i> | <i>Mammillaria gigantea</i> |
| <i>Mammillaria hahniana</i> | <i>Mammillaria herreræ</i> |
| <i>Mammillaria longimamma</i> | <i>Mammillaria multihamata</i> |
| <i>Mammillaria nana</i> | <i>Mammillaria perbella</i> |
| <i>Mammillaria retrigiana</i> | <i>Mammillaria zephyranthoides</i> |
| <i>Opuntia cantabrigiensis</i> | <i>Opuntia joconostle</i> |
| <i>Opuntia kleiniae</i> | <i>Opuntia leptocaulis</i> |
| <i>Opuntia rastrea</i> | <i>Opuntia tunicata</i> |
| <i>Stenocactus coptonogonus</i> | <i>Strombocactus disciformis</i> |
| <i>Thelocactus leucacanthus</i> | <i>Turbincarpus alonsoi</i> |

Los bosques templados localizados en diferentes regiones del Estado poseen el segundo lugar en riqueza de especies. Estos bosques concentran el 45.7% (42 spp.) de la diversidad de cactáceas y, de éstas, 8 especies son exclusivas de este tipo de vegetación. La tabla 10 enlista a las especies exclusivas a los bosques templados de Guanajuato.

TABLA 10. Especies exclusivas de bosques templados.

| | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Aporocactus flagelliformis</i> | <i>Echinocereus polyacanthus</i> |
| <i>Mammillaria densispina</i> | <i>Mammillaria kunzeana</i> |
| <i>Mammillaria mendeliana</i> | <i>Mammillaria microhelix</i> |
| <i>Mammillaria petterssonii</i> | <i>Stenocactus wippermannii</i> |

Los matorrales secundarios de los bosques espinosos ocupan el tercer lugar en riqueza de especies con 31.5% de la riqueza estatal (29 spp.) siendo sus especies exclusivas *Mammillaria obconella* y *Selenicereus spinulosus*, las cuales representan el 2.2% de la riqueza estatal. Finalmente, los bosques tropicales caducifolios poseen el 23.9% de la riqueza del Estado y, de éstas, una sola especie, *Mammillaria seideliana*, es exclusiva de este tipo de vegetación en su modalidad de bosques de *Bursera*.

4.5 AFINIDAD POR SUSTRATO GEOLÓGICO

Uno de los factores abióticos más importantes en la configuración de los patrones de distribución de las especies vegetales, particularmente en zonas áridas y semiáridas, es el tipo de sustrato en el que se desarrollan. Existen dentro de las cactáceas claros ejemplos de especializaciones a sustratos geológicos particulares como *Ariocarpus kotschoubeyanus*, *Geohintonia mexicana* y *Aztekium hintonii* (Glass y Fitz-Maurice 1992), *Aztekium ritteri*, *Strombocactus disciformis* y la serie *Stylothelae* del género *Mammillaria*. Aunque son claras las relaciones de estas especies con un tipo de sustrato particular, los trabajos en esta materia dentro de la familia Cactaceae han sido escasamente desarrollados y es de esperarse que un gran porcentaje de las especies que conforman a la familia posean claras relaciones de exclusividad con tipos de sustratos geológicos particulares.

Siguiendo los mismos criterios que en el capítulo anterior, las cactáceas de Guanajuato fueron agrupadas por el tipo de sustrato geológico en el que se desarrollan, de acuerdo con dos categorías.

1.- Sustratos sedimentarios. Especies distribuidas sobre rocas sedimentarias o en suelos derivados de éstas. Dentro de este sustrato, en el Estado se pueden encontrar calizas, rocas formadas por calcita o residuos calcáreos que generalmente contienen minerales de dolomita y partículas arcillosas (Lugo 1989). Las rocas calizas se encuentran principalmente en las regiones noreste y noroeste del Estado (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; Lazcano 1984). Las lutitas, rocas sedimentarias detríticas de grano fino, están constituidas de partículas del tamaño del limo y la arcilla, de feldespato, cuarzo, calcita, dolomita y otros minerales (Leet y Judson 1986). Estos sustratos se encuentran localizados en la región noreste de Guanajuato.

2.- Sustratos ígneos. Especies distribuidas sobre rocas volcánicas. Dentro de los sustratos ígneos, en el Estado se encuentran las riolitas y las andesitas, los sustratos más abundantes. Estos tipos de roca se localizan principalmente en las regiones centrales y sur-suroeste, en una amplia región de la zona este del Estado, así como

en diferentes puntos aislados del territorio. Los basaltos, rocas ígneas efusivas de composición básica y color oscuro, tienen como constituyentes principales a las plagioclasas básicas, augita y con frecuencia olivino. Estas rocas se localizan en la zona sur del Estado, así como en pequeños afloramientos de la región central, este y noroeste (Secretaría de Programación y Presupuesto 1980; Martínez 1980; Lugo 1989).

La figura 7 muestra la distribución de frecuencias de las cactáceas de Guanajuato en los dos tipos de sustratos propuestos, además de sus especies exclusivas. La categoría llamada "preferencia" hace alusión a un grupo de 31 especies de cactáceas que se distribuyen predominantemente sobre un tipo de sustrato determinado, ya sea ígneo o sedimentario, es decir, que solamente un número reducido de individuos de este grupo de cactáceas fueron colectados sobre sustratos diferentes de los que comúnmente se desarrollan en el Estado. Por ejemplo, *Ferocactus latispinus* fue colectado 34 veces sobre sustratos de origen ígneo y solamente en nueve ocasiones fue colectado sobre sustratos de origen sedimentario; de la misma manera, *F. echidne* fue colectado en 10 ocasiones sobre sustratos sedimentarios y solamente en una ocasión sobre sustratos ígneos. Es importante destacar, que los individuos colectados en sustratos diferentes de aquellos sobre los que comúnmente se desarrollan, son débiles, con crecimiento raquíptico y números poblacionales reducidos en las localidades estudiadas.

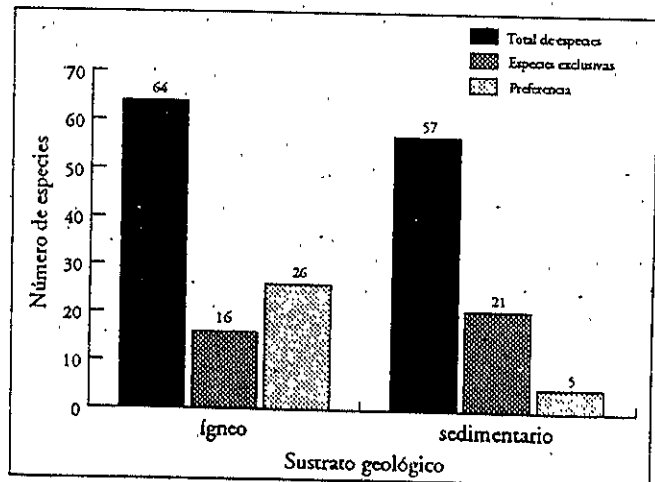


FIGURA 7. Distribución de frecuencias de las especies por tipo de sustrato geológico

RESULTADOS

Los resultados de este análisis muestran que la flora cactológica del Estado se caracteriza por su afinidad a los sustratos de origen ígneo, los cuales poseen la mayor riqueza de especies con 69.6% (64 spp.) del total estatal. Dentro de las especies de cactáceas distribuidas sobre este tipo de sustrato (tabla 11), el 17.4% (16 spp.) restringen su distribución a estos sustratos.

TABLA 11. Especies exclusivas de sustratos ígneos.

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Coryphantha otonis</i> | <i>Echinocereus polyacanthus</i> |
| <i>Ferocactus macrodiscus</i> | <i>Mammillaria decipiens</i> |
| <i>Mammillaria densispina</i> | <i>Mammillaria erectohamata</i> |
| <i>Mammillaria erythrosperma</i> | <i>Mammillaria jaliscana</i> |
| <i>Mammillaria kunzeana</i> | <i>Mammillaria multihamata</i> |
| <i>Mammillaria petterssonii</i> | <i>Mammillaria pygmaea</i> |
| <i>Mammillaria rettigiana</i> | <i>Nyctocereus serpentinus</i> |
| <i>Stenocactus zacatecasensis</i> | <i>Stenocereus queretaroensis</i> |

Por otro lado, 26 especies de cactáceas se distribuyen de manera preferencial sobre sustratos ígneos (tabla 12), lo cual representa el 28.3% de la riqueza del Estado.

TABLA 12. Especies con preferencia por sustratos ígneos.

| | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Coryphantha bumamma</i> | <i>Coryphantha clava</i> |
| <i>Coryphantha clavata</i> | <i>Coryphantha cornifera</i> |
| <i>Coryphantha radians</i> | <i>Echinocactus horizontalonius</i> |
| <i>Ferocactus histrix</i> | <i>Ferocactus latispinus</i> |
| <i>Isolatocereus dumortieri</i> | <i>Mammillaria calacantha</i> |
| <i>Mammillaria gigantea</i> | <i>Mammillaria longimamma</i> |
| <i>Mammillaria muehlenpfordtii</i> | <i>Mammillaria nana</i> |
| <i>Mammillaria obconella</i> | <i>Mammillaria polythele</i> |
| <i>Mammillaria uncinata</i> | <i>Opuntia jaliscana</i> |
| <i>Opuntia lasiacantha</i> | <i>Opuntia rastrena</i> |
| <i>Opuntia robusta</i> | <i>Opuntia streptacantha</i> |
| <i>Opuntia tomentosa</i> | <i>Stenocactus coptonogonus</i> |
| <i>Stenocactus wippermannii</i> | <i>Stenocereus pruinosis</i> |

Los sustratos sedimentarios, como contraparte, poseen el 61.9% (57 spp.) del total de especies del Estado, siendo el 22.8% (21 spp.) exclusivas a este tipo de sustrato (tabla 13).

TABLA 13. Especies exclusivas de sustratos sedimentarios.

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Astrophytum ornatum</i> | <i>Coryphantha jalpanensis</i> |
| <i>Echinocactus platyacanthus</i> | <i>Echinocereus pectinatus</i> |
| <i>Ferocactus glaucescens</i> | <i>Hamatocactus crassihamatus</i> |
| <i>Mammillaria candida</i> | <i>Mammillaria compressa</i> |
| <i>Mammillaria elongata</i> | <i>Mammillaria geminispina</i> |
| <i>Mammillaria hahniana</i> | <i>Mammillaria herrerae</i> |
| <i>Mammillaria perbella</i> | <i>Mammillaria schiedeana</i> |
| <i>Mammillaria seideliana</i> | <i>Opuntia stenopetala</i> |
| <i>Opuntia tunicata</i> | <i>Selenicereus spinulosus</i> |
| <i>Strombocactus disciformis</i> | <i>Thelocactus leucacanthus</i> |
| <i>Turbincarpus alonsoi</i> | |

Cinco de las cactáceas de Guanajuato se distribuyen de manera preferencial sobre sustratos de origen sedimentario. Estas especies son *Neolloydia conoidea*, *Echinocereus pentalophus*, *Ferocactus echidne*, *Mammillaria mendeliana* y *Opuntia kleiniae*.

Un grupo de 15 especies de cactáceas (16.3% del total estatal) se denominan generalistas de sustratos geológicos, ya que pueden ser encontradas de manera indistinta sobre cualquiera de los dos tipos de sustratos presentes en el Estado (tabla 14).

TABLA 14. Especies generalistas de sustratos geológicos.

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Coryphantha erecta</i> | <i>Mammillaria magnimamma</i> |
| <i>Mammillaria rhodantha</i> | <i>Mammillaria saetigera</i> |
| <i>Mammillaria zephyranthoides</i> | <i>Myrtillocactus geometrizans</i> |
| <i>Opuntia cantabrigiensis</i> | <i>Opuntia imbricata</i> |
| <i>Opuntia joconostle</i> | <i>Opuntia leptocaulis</i> |
| <i>Opuntia leucotricha</i> | <i>Opuntia megacantha</i> |
| <i>Opuntia pubescens</i> | <i>Stenocactus lamellosus</i> |
| <i>Stenocactus pentacanthus</i> | |

En suma, contabilizando las especies exclusivas a estos dos sustratos, se obtiene que poco menos de la mitad de las cactáceas del Estado (40.2%), se restringen a un tipo particular de sustrato geológico, de los cuales sobresale el sedimentario, que posee el porcentaje más alto de especies exclusivas con 22.8%, lo cual muestra una tendencia de especialización por sustratos geológicos particulares entre las cactáceas.

RESULTADOS

4.6 ESTADO DE RAREZA Y CONSERVACIÓN

Con el objetivo de obtener una estimación del nivel de rareza de cada una de las especies de cactáceas de Guanajuato, se utilizó su Índice de Rareza Regional (IRR) en combinación con los datos cualitativos de exclusividad a tipos de vegetación y sustrato geológico. Se ha definido en este estudio como especie rara a aquella que posee un valor de IRR menor o igual al que toma la media ($m=0.068$) para el conjunto de datos de los IRR de todas las especies (apéndice 1). Por ejemplo, *Strombocactus disciformis* tiene un valor de IRR = 0.025 y *Opuntia imbricata* tiene un valor de IRR = 0.263; por lo tanto, *S. disciformis* es considerado como especie rara, ya que el valor de su IRR es menor a 0.068, mientras que *O. imbricata* no es una especie rara ya que su IRR es mayor al valor de la media.

Los IRR mostrados en el apéndice 1 señalan que el 48.9% de las cactáceas de Guanajuato (45 especies con la exclusión de *Mammillaria obconicella* y *Opuntia hyptiacantha* debido a la carencia de datos sobre sus amplitudes geográficas, por lo cual, sus IRR se reportan como indeterminados), poseen IRR menores o iguales a 0.068, con lo cual, poco menos de la mitad de las cactáceas del Estado son consideradas como especies raras con base en los dos parámetros analizados (IFR e IAGR). Dentro de estas 45 especies, destaca un grupo de 17 cactáceas (apéndice 1 en negritas), las cuales además se restringen a un solo tipo de vegetación y a un solo tipo de sustrato geológico. Existen entonces suficientes bases para sugerir que es en estas 18 especies, las cuales tienen un alto grado de restricción geográfica y de especialización ecológica, sobre las que deberán concentrarse en el futuro cercano nuestros esfuerzos de conservación.

Por otro lado, dentro de las especies con IRR superiores al valor de la media, se encuentran 46 especies (50%), de las cuales tres, *Opuntia tunicata*, *Mammillaria densispina* y *Ferocactus macrodiscus*, restringen su distribución a un solo tipo de vegetación y a un solo tipo de sustrato geológico.

Haciendo referencia al estado de protección que poseen las especies de Guanajuato con respecto a algunos listados oficiales, se tiene que, dentro de la Norma

Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-1994), existen un total de 16 especies (17.4%), las cuales se encuentran en alguna de cuatro categorías de protección (tabla 15). De estas especies, 13 poseen IRR menores o iguales al valor de la media, mientras que las restantes tres especies (*Astrophytum ornatum*, *Mammillaria schiedeana* y *M. zephyranthoides*) poseen valores ligeramente superiores.

TABLA 15. Especies incluidas en la NOM-ECOL-059-1994.

| | |
|------------------------------------|----|
| <i>Aporocactus flagelliformis</i> | R |
| <i>Astrophytum ornatum</i> | A |
| <i>Echinocactus platyacanthus</i> | P |
| <i>Hamatocactus crassihamatus</i> | A |
| <i>Mammillaria candida</i> | A |
| <i>Mammillaria hahniana</i> | A |
| <i>Mammillaria herrerae</i> | PE |
| <i>Mammillaria longimamma</i> | A |
| <i>Mammillaria microbelia</i> | R |
| <i>Mammillaria nana</i> | R |
| <i>Mammillaria rettigiana</i> | R |
| <i>Mammillaria schiedeana</i> | A |
| <i>Mammillaria zeilmanniana</i> | R |
| <i>Mammillaria zephyranthoides</i> | A |
| <i>Stenocactus coptonogonus</i> | R |
| <i>Strombocactus disciformis</i> | A |

R: rara. A: amenazada. P: protección especial. PE: peligro de extinción.

Con respecto a los listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), toda la familia *Cactaceae* se encuentra en apéndice 2, con excepción del género *Opuntia*. Para el caso de las cactáceas de Guanajuato, solamente dos especies, *Strombocactus disciformis* y *Turbinicarpus alonsoi*, se encuentran en apéndice 1 de CITES.

Basado en los resultados de este estudio, se propone la permanencia en la Norma Oficial Mexicana de todas las especies de cactáceas del Estado mencionadas en la tabla 15. Se sugiere además, la inclusión a la Norma Oficial Mexicana de las siete especies enlistadas en la tabla 16, las cuales, con excepción de *Ferocactus macrodiscus*, poseen IRR menores al valor de la media, siendo además todas ellas, especies restringidas a un solo tipo de vegetación y un solo tipo de sustrato geológico. Es necesario aclarar que fueron excluidas de esta recomendación varias especies

RESULTADOS

que, aun cuando poseen IRR menores al valor de la media y poseen restricciones a tipos de vegetación y a sustratos geológicos dentro del Estado, son especies de amplia distribución en el país, como por ejemplo, *Echinocereus cinerascens*, *E. pectinatus*, *Ferocactus glaucescens*, *Mammillaria compressa*, *M. perbella* y otras más.

TABLA 16. Especies que deberían ser incluidas en la NOM-ECOL-059-1994.

| | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| <i>Coryphantha japonensis</i> | <i>Ferocactus macrodiscus</i> |
| <i>Mammillaria eichlamata</i> | <i>Mammillaria multihamata</i> |
| <i>Mammillaria sideliana</i> | <i>Stenocactus wippermannii</i> |
| <i>Turbinicarpus alonsoi</i> | |

Por otro lado, se propone la inclusión en el apéndice 1 de CITES de las cinco especies mostradas en la tabla 17. Estas especies están sometidas a grandes presiones de colecta con fines ornamentales, ya sea por su apariencia peculiar o por ser endémicas al Estado, como *Hamatocactus crassihamatus* y *Mammillaria multihamata*.

TABLA 17. Especies que deberían ser incluidas en el apéndice 1 de CITES.

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| <i>Hamatocactus crassihamatus</i> | <i>Mammillaria herrerae</i> |
| <i>Mammillaria longimamma</i> | <i>Mammillaria multihamata</i> |
| <i>Stenocactus coptonogonus</i> | |



5. CONCLUSIONES

Se ubicó al Estado como de importantes dimensiones en cuanto al número de especies de cactáceas presentes en su territorio: Las 92 especies de cactáceas lo sitúan como un centro de distribución importante para la familia y particularmente de la subfamilia *Cactoideae*, la mejor representada. De particular atención es el gran número de especies del género *Mammillaria*, el género más diversificado dentro del Estado con 35 especies, por lo cual Guanajuato se ubica como el primer estado del país en cuanto a la riqueza de especies de este género, solamente comparable con el estado de Querétaro que posee 34 especies, siendo estos dos estados los posibles concentradores de la mayor diversidad de especies del género *Mammillaria* de todo el continente.

La flora cactológica del Estado encierra un grupo de especies de diversas afinidades, destacando las especies de distribución disyunta y las especies de afinidad montana. Sin embargo, las especies afines a la Zona Árida Queretano-Hidalgüense, hacen que Guanajuato guarde una muy cercana relación florística con esta región, la cual es uno de los centros más importantes a nivel mundial en riqueza de especies de cactáceas.

Al igual que lo observado en otros estudios (Hernández y Godínez 1994, Hernández y Bárcenas 1995 y 1996, Hernández et al. en prep. 1998, Gómez 1998), en Guanajuato se observa un patrón de concentración de especies en regiones particulares como lo demuestra el núcleo primario de concentración de cactáceas, que concentra el 91.3% de las cactáceas reportadas para el Estado.

Como se ha sugerido (Rebelo y Siegfried 1992), la mejor estrategia para el diseño y configuración de

reservas que maximice la riqueza de especies es identificar áreas con altos endemismos y riqueza dentro de regiones biogeográficas particulares, siendo en este caso, el núcleo de concentración primario, una región con características apropiadas para ser incluida en la red de áreas prioritarias para la conservación en el país.

Dentro de este núcleo de concentración, sobresale por su particular riqueza el cuadro Xichú (cuadro 622), que concentra el 60.9% de la diversidad, convirtiéndose en una de las regiones más importantes de concentración de cactáceas de toda la Zona Árida Queretano-Hidalgüense. La situación geográfica de este cuadro posiblemente lo hace ser una ruta migratoria importante para las especies de afinidad Queretano-Hidalgüense, así como las de afinidad a la Región del Desierto Chihuahuense, que han encontrado en la heterogeneidad de la región los elementos favorables para su exitosa dispersión. La presencia de estenoendemismos en esta región como *Turbincarpus alonsoi*, genera una liga muy importante entre las especies del género *Turbincarpus* características de la Región del Desierto Chihuahuense y de las especies características de la Zona Árida Queretano-Hidalgüense.

El clima y las características muchas veces contrastantes de la vegetación han sido de gran importancia en la delimitación de los patrones de diversidad de las especies, siendo los matorrales xerófilos el tipo de vegetación que alberga la mayor riqueza de especies. Es en estos matorrales de zonas áridas en donde la especiación ha producido un impresionante contingente de especies de características únicas y limitadas áreas de distribución. Además, es claro que los

CONCLUSIONES

tipos de sustrato han jugado un papel muy importante como estímulo a la especiación, destacando particularmente los sustratos sedimentarios, que a menudo son factores clave en la producción de patrones de distribución diferenciales de las especies (Stuessy 1990; Hernández y Bárcenas 1995). Se puede reconocer también la gran importancia de los sustratos ígneos dentro del Estado, ya que se observan altos valores de exclusividad de especies, de lo cual se infiere que este tipo de sustratos también han sido un factor importante en la generación de patrones diferenciales de distribución geográfica de las cactáceas.

Aún cuando este trabajo ha sido uno de los más completos en el inventario de las especies de cactáceas del Estado, se recomienda incrementar los trabajos florísticos y los proyectos de colecta sistemática en las áreas detectadas como centros de alta diversidad y riqueza dentro de las zonas áridas del Estado, ya que son las zonas áridas en donde se localizan las más altas tasas de endemismo tanto en flora como en fauna (Rzedowski 1962 y 1991; Flores y Gerez 1988; Hernández y Bárcenas 1995 y 1996).

Es preciso implementar medidas de protección en un corto plazo para las especies señaladas como raras y en

particular para las especies raras con restricciones a tipos de vegetación y sustratos geológicos, ya que son estas especies las que están en mayor riesgo de ser afectadas irreversiblemente por las actividades humanas como la sobre colecta y la conversión del hábitat en tierras de cultivo, principalmente.

Esta conservación de especies de cactáceas debe enfocarse a proyectos de conservación de los hábitats que ocupan, siendo esta conservación in situ, la manera más económica de preservar y mantener a las especies dentro de sus hábitats naturales (Stuessy 1990).

La riqueza de cactáceas de Guanajuato encierra especies únicas del territorio nacional; por lo tanto, los esfuerzos para preservar y utilizar estos importantes recursos deben estar soportados en el conocimiento científico, con lo cual se podrá asegurar su protección y utilización a largo plazo.

La concientización de la población sobre la vulnerabilidad de las poblaciones de muchas de las especies de cactáceas permitirá, en gran medida, el éxito de los programas de protección de las especies, ya sea con fines científicos, ornamentales, sociales, medicinales o puramente conservacionistas.



BIBLIOGRAFÍA

- Arias M., S., S. Gama L. y U. Guzmán. 1997. Fascículo 14: Cactaceae A.L. Juss. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 146 pp.
- Baker, M.A., W. Mohlenbock, and D.J. Pinkava. 1985. A comparison of two new methods of preparing cacti and other stem succulents for standard herbarium samples. *Taxon* 34(1): 118-120.
- Barthlott W., and D. Hunt. 1993. Cactaceae. Pages 161-197 in K. Kubitzki, J. Rohwer, and V. Bittrich, editors. The families and genera of vascular plants. II. Dicotyledons. Springer-Verlag, Berlin.
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las Cactáceas de México Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 743 pp.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1992a. Las Cactáceas de México Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 404 pp.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1992b. Las Cactáceas de México Vol. III. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 643 pp.
- Carranza G., E. 1998. Las especies del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en el Estado de Guanajuato, México: Taxonomía, distribución geográfica y ecológica, usos y conservación. Tesis de maestría. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. 137 pp.
- Clover, E.U. 1952. Methods of collecting cacti for the herbarium and botanical garden. *Cact. Succ. J. Amer.* 24(3): 72-75.
- Ferrusquía, I. 1998. Geología de México: una sinopsis, en *Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución*. Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 792 pp.
- Flores V., O. y P. Gerez. 1988. Conservación en México: síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo. Instituto de Investigaciones en Recursos Bióticos (INIREB)-Conservación Internacional. México. 302 pp.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. México. 252 pp.
- Gibson, A.C., K.C. Spencer, R. Bajaj, and J.L. McLaughlin. 1986. The ever-changing landscape of cactus systematics. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 73: 532-555.
- Glass, C. y W.A. Fitz-Maurice. 1992. Nuevos taxa de cactáceas de Nuevo León, México. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas.* 37(1): 11-21.
- Gómez H., C. 1998. Diversidad, distribución y abundancia de cactáceas en la región de Mier y Noriega, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 50 pp.
- Henrickson, J. y R. Straw. 1976. A gazetteer of the Chihuahuan Desert Region. California State University. Los Angeles. 272 pp.




BIBLIOGRAFÍA



- Hernández, H. M. y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.
- Hernández, H. M. y R. T. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. I. Distribution Patterns. *Conservation Biology* 9(5): 1176-1188.
- Hernández, H. M. y R. T. Bárcenas. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. II. Biogeography and Conservation. *Conservation Biology* 10(4): 1200-1209.
- Hernández, H. M., V. Alvarado y R. Ibarra. 1993. Base de datos de colecciones de cactáceas de Norte y Centroamérica. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Bot.* 64(2): 87-94.
- Hernández, H.M., C. Gómez H. y R. T. Bárcenas. 1998. Patrones de riqueza de cactáceas de la Región del Huizache, S.L.P., México. (en prep.).
- Hunt, D. 1992. CITES Cactaceae checklist. Royal Botanical Gardens, Kew: 190 pp.
- Hunt, D. R. 1991. Stabilization of names in succulent plants. In: D.L. Hawksworth (ed.) *Improving the stability of names: needs and options*. *Regnum Vegetabile* 123.
- INEGI. 1989. Guías para la interpretación de cartografía: climatología. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 50 pp.
- INEGI. 1997. Perspectiva estadística de Guanajuato. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 107 pp.
- Quero, H. J. 1984. La vegetación de las serranías de la Cuenca Alta del Río de La Laja, Guanajuato. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Bot.* 47-53: 73-99.
- Lazcano S., C. 1984. Las formas kársticas del área de La Florida en la Sierra Gorda de Querétaro. *Serie Varia* 1 (9). Instituto de Geografía-UNAM. México. 123 pp.
- Leet, L.D. y S. Judson. 1986. *Geología Física*. Limusa. México. 450 pp.
- Leuenberger, B. E. 1987. A preliminary list of Cactaceae from the Guianas and recommendations for the future collecting and preparation of specimens. *Willdenowia* 16(24): 497-510.
- Lugo H., J. 1989. *Diccionario Geomorfológico*. Instituto de Geografía-Coordinación de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 337 pp.
- Martínez L., V. M. 1980. Los factores geomorfológicos que rigen el comportamiento de la presa "Ignacio Allende", Guanajuato. *Serie Varia* 1 (6). Instituto de Geografía-UNAM. México. 102 pp.
- Monmonier, M. 1993. *Mapping it out: expository cartography for the humanities and social sciences*. University of Chicago Press. Chicago. 301 pp.
- Mourelle, C. y E. Ezcurra. 1996. Species richness of Argentine cacti: A test of biogeographic hypothesis. *Journal of Vegetation Science* 7: 667-680.
- Navarro A., G.A. 1987. Las cactáceas del Municipio de San Luis de la Paz, Gto. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 67 pp.
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de San Luis Potosí. 20 de septiembre de 1997. Decreto del área natural protegida bajo la modalidad de reserva estatal con características de reserva de la biósfera.
- Rebelo, A.G. and W.R. Siegfried. 1992. Where should nature reserves be located in the Cape Floristic Region, South Africa? Models for the spatial configuration of a reserve network aimed at maximizing the protection of flora diversity. *Conservation Biology* 6(2): 243-252.
- Rzedowski, J. 1962. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico en la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 27: 52-65.

BIBLIOGRAFÍA



- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 431 pp.
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana*: 15: 47-64.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 1993. *Carta turística del Estado de Guanajuato*. México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1980. *Cartas estatales escala 1:500,000 de las series climática, fisiográfica, precipitación, heladas y topografía del Estado de Guanajuato*. México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1986. *Síntesis geográfica, nomenclátor y anexo cartográfico del estado de Querétaro*. México. 143 pp.
- Stuessy, T.F. 1990. *Plant taxonomy*. Columbia University Press. New York. 514 pp.
- Tamayo, J.L. 1962. *Geografía General de México*. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas. México.
- Torres C., R., L. Torres C., P. Dávila, A. y J.L. Villaseñor R. 1997. *Listados florísticos de México: XVI. Flora del Distrito de Tehuantepec, Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 68 pp.
- Turner, R.M., J.B. Bowers and T.L. Burgess. 1995. *Sonoran Desert Plants: an ecological atlas*. The University of Arizona Press. USA. 504 pp.



APÉNDICE 1. Lista de las especies de cactáceas de Guanajuato, ejemplares de referencia, índices de frecuencia regional (IFR), amplitud geográfica regional (IAGR), rareza regional (IRR) y características de afinidad.

Afinidad geográfica.— Montana , distribución disyunta , Zona Árida Queretano—Hidalgense ,

Región del Desierto Chihuahuense , endémica .

Afinidad por vegetación.— Matorral xerófilo , matorral secundario del bosque espinoso ,

bosque templado , bosque tropical caducifolio .

Afinidad por sustrato geológico.— Sustrato sedimentario , sustrato ígneo ,

preferencia sedimentaria , preferencia ígnea .

1. *Aporocactus flagelliformis* (Linné) Lemaire

E. Venturá y E. López 9223, IEB, MEXU

IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025



2. *Astrophytum ornatum* (De Candolle) Weber ex Britton et Rose

R. T. Bárcenas 56, MEXU

IFR = 0.009 IAGR = 0.150 IRR = 0.080



3. *Coryphantha bumamma* (Ehrenberg) Britton et Rose

R. T. Bárcenas 19, MEXU

IFR = 0.007 IAGR = 0.150 IRR = 0.079



4. *Coryphantha clava* (Pfeiffer) Lemaire

R. T. Bárcenas 740, MEXU

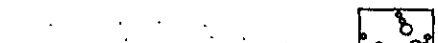
IFR = 0.002 IAGR = 0.100 IRR = 0.051



5. *Coryphantha clavata* (Scheidweiler) Backeberg

R. T. Bárcenas 254, MEXU

IFR = 0.014 IAGR = 0.250 IRR = 0.132



6. *Coryphantha cornifera* (De Candolle) Lemaire

R. T. Bárcenas 110, MEXU

IFR = 0.010 IAGR = 0.350 IRR = 0.180



7. *Coryphantha erecta* Lemaire

R. T. Bárcenas 65, MEXU

IFR = 0.029 IAGR = 0.250 IRR = 0.140



8. *Coryphantha japonensis* Buchenau

R. T. Bárcenas 50, MEXU

IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025






























9. *Coryphantha octacantha* (De Candolle) Britton et Rose































H. Bravo s/n, MEXU

IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025































APÉNDICE 1.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10. <i>Coryphantha ottonis</i> (Pfeiffer) Lemaire R. T. Bárcenas 173, MEXU IFR = 0.004 IAGR = 0.100 IRR = 0.052 | | |  |
| 11. <i>Coryphantha radians</i> (De Candolle) Britton et Rose R. T. Bárcenas 66, MEXU IFR = 0.011 IAGR = 0.500 IRR = 0.256 |  | |  |
| 12. <i>Coryphantha sulcolanata</i> Lemaire L. Scheinvar et al. 4712, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 | |  | |
| 13. <i>Echinocactus horizontalis</i> Lemaire R. T. Bárcenas 90, MEXU IFR = 0.015 IAGR = 0.200 IRR = 0.107 |  |  |  |
| 14. <i>Echinocactus platyacanthus</i> Link et Otto R. T. Bárcenas 226, MEXU IFR = 0.004 IAGR = 0.100 IRR = 0.052 |  | |  |
| 15. <i>Echinocereus cinerascens</i> (De Candolle) Ruempler R. T. Bárcenas 316, IEB, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  | | |
| 16. <i>Echinocereus pectinatus</i> (Scheidweiler) Engelmann R. T. Bárcenas 229, MEXU IFR = 0.002 IAGR = 0.050 IRR = 0.026 |  |  |  |
| 17. <i>Echinocereus pentalophus</i> (De Candolle) Lemaire R. T. Bárcenas 50, MEXU IFR = 0.022 IAGR = 0.150 IRR = 0.086 |  | |  |
| 18. <i>Echinocereus polyacanthus</i> Engelmann R. T. Bárcenas 455, MEXU IFR = 0.005 IAGR = 0.150 IRR = 0.077 |  |  |  |
| 19. <i>Ferocactus echidne</i> (De Candolle) Britton et Rose R. T. Bárcenas 49, MEXU IFR = 0.010 IAGR = 0.150 IRR = 0.080 |  | |  |
| 20. <i>Ferocactus glaucescens</i> (De Candolle) Britton et Rose R. T. Bárcenas 867, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.050 IRR = 0.026 |  |  |  |
| 21. <i>Ferocactus histrix</i> (De Candolle) Lindsay R. T. Bárcenas 63, MEXU IFR = 0.041 IAGR = 0.400 IRR = 0.221 | | |  |
| 22. <i>Ferocactus latispinus</i> (Haworth) Britton et Rose R. T. Bárcenas 23, MEXU IFR = 0.045 IAGR = 0.450 IRR = 0.247 |  |  |  |

APÉNDICE 1.



















| | | | |
|---|---|---|---|
| 23. <i>Ferocactus macrodiscus</i> (Martius) Britton et Rose R. T. Bárcenas 131, MEXU IFR = 0.010 IAGR = 0.200 IRR = 0.105 |  |  |  |
| 24. <i>Hamatocactus crassibamatus</i> (Weber) Buxbaum R. T. Bárcenas 114, MEXU IFR = 0.008 IAGR = 0.100 IRR = 0.054 |  |  |  |
| 25. <i>Isolatocereus dumortieri</i> (Scheidweiler) Buxbaum R. T. Bárcenas 52, MEXU IFR = 0.033 IAGR = 0.450 IRR = 0.241 |  | |  |
| 26. <i>Mammillaria cf. calacantha</i> Tiegel R. T. Bárcenas 702, MEXU IFR = 0.004 IAGR = 0.150 IRR = 0.077 |  |  |  |
| 27. <i>Mammillaria candida</i> Scheidweiler R. T. Bárcenas 875, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.050 IRR = 0.026 |  | |  |
| 28. <i>Mammillaria compressa</i> De Candolle G. Navarro 21, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 | |  |  |
| 29. <i>Mammillaria decipiens</i> Scheidweiler R. T. Bárcenas 371, MEXU IFR = 0.004 IAGR = 0.150 IRR = 0.077 | | |  |
| 30. <i>Mammillaria densispina</i> (Coulter) Orcutt R. T. Bárcenas 616, MEXU IFR = 0.006 IAGR = 0.250 IRR = 0.128 |  |  |  |
| 31. <i>Mammillaria elongata</i> De Candolle R. T. Bárcenas 332, MEXU IFR = 0.004 IAGR = 0.050 IRR = 0.027 |  | |  |
| 32. <i>Mammillaria erectobamata</i> Boedeker R. T. Bárcenas 150, MEXU IFR = 0.002 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 | |  |  |
| 33. <i>Mammillaria erythrosperma</i> Boedeker R. T. Bárcenas 481, MEXU IFR = 0.002 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 | | |  |
| 34. <i>Mammillaria geminispina</i> Haworth R. T. Bárcenas 473, MEXU IFR = 0.007 IAGR = 0.150 IRR = 0.079 | | |  |
| 35. <i>Mammillaria gigantea</i> Hildmann ex K. Schumann R. T. Bárcenas 135, MEXU IFR = 0.009 IAGR = 0.300 IRR = 0.155 | |  |  |
| 36. <i>Mammillaria hahniana</i> Werdermann R. T. Bárcenas 341, MEXU IFR = 0.005 IAGR = 0.050 IRR = 0.027 |  |  |  |

APÉNDICE 1.



















| | | | |
|--|---|---|---|
| 37. <i>Mammillaria herrerae</i> Werdermann R. T. Bárcenas 192, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  |  |
| 38. <i>Mammillaria jaliscana</i> (Britton et Rose) Boedeker. R. T. Bárcenas 170, MEXU IFR = 0.004 IAGR = 0.200 IRR = 0.102 |  | |  |
| 39. <i>Mammillaria kewensis</i> Salm-Dyck H. Bravo s/n, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  | | |
| 40. <i>Mammillaria kunzeana</i> Boedeker et Quehl R. T. Bárcenas 786, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 | |  |  |
| 41. <i>Mammillaria longimamma</i> De Candolle R. T. Bárcenas 70, MEXU IFR = 0.002 IAGR = 0.050 IRR = 0.026 |  |  |  |
| 42. <i>Mammillaria magnimamma</i> Haworth R. T. Bárcenas 10, MEXU IFR = 0.043 IAGR = 0.400 IRR = 0.222 | | | |
| 43. <i>Mammillaria mendeliana</i> (Bravo) Werdermann R. T. Bárcenas 911, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  |  |
| 44. <i>Mammillaria microbelia</i> Werdermann E. Ventura y E. López 7814, IEB, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  | |
| 45. <i>Mammillaria muehlenpfordtii</i> C. F. Foerster R. T. Bárcenas 67, MEXU IFR = 0.013 IAGR = 0.200 IRR = 0.107 | | |  |
| 46. <i>Mammillaria multihamata</i> Boedeker R. T. Bárcenas 1490, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  |  |
| 47. <i>Mammillaria nana</i> Backeberg ex R. Mottram R. T. Bárcenas 8, MEXU IFR = 0.002 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 | |  |  |
| 48. <i>Mammillaria obconella</i> Scheidweiler L. I. Aguilera G. 189, IEB IFR = 0.001 IAGR = 0 IRR = indet. | |  |  |
| 49. <i>Mammillaria perbella</i> Hildmann ex Schumann R. T. Bárcenas 194, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 |  |  |  |
| 50. <i>Mammillaria petterssonii</i> Hildmann R. T. Bárcenas 979, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 |  |  |  |

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA






























APÉNDICE I.

| | | |
|---|---|---|
| 51. <i>Mammillaria polythele</i> Martius R. T. Bárcenas 204, MEXU IFR = 0.007 IAGR = 0.250 IRR = 0.129 |  |  |
| 52. <i>Mammillaria pygmaea</i> (Britton et Rose) A. Berger R. T. Bárcenas 189, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 |  |  |
| 53. <i>Mammillaria rettigiana</i> Boedeker R. T. Bárcenas 18, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  |
| 54. <i>Mammillaria rhodantha</i> Link et Otto R. T. Bárcenas 184, MEXU IFR = 0.005 IAGR = 0.200 IRR = 0.102 | | |
| 55. <i>Mammillaria saetigera</i> Boedeker et Tiegel R. T. Bárcenas 46, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.050 IRR = 0.026 |  | |
| 56. <i>Mammillaria schiedeana</i> Ehrenberg R. T. Bárcenas 48, MEXU IFR = 0.009 IAGR = 0.150 IRR = 0.080 | |  |
| 57. <i>Mammillaria seideliana</i> Quehl E. Pérez C. y S. Zamudio 3340, IEB IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 | |  |
| 58. <i>Mammillaria uncinata</i> Zuccarini ex Pfeiffer R. T. Bárcenas 9, MEXU IFR = 0.047 IAGR = 0.550 IRR = 0.298 |  |  |
| 59. <i>Mammillaria zeilmanniana</i> Boedeker E. Maurice 1698, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  | |
| 60. <i>Mammillaria zephyranthoides</i> Scheidweiler R. T. Bárcenas 120, MEXU IFR = 0.005 IAGR = 0.150 IRR = 0.077 |  | |
| 61. <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Martius) Console R. T. Bárcenas 55, MEXU IFR = 0.072 IAGR = 0.650 IRR = 0.361 |  | |
| 62. <i>Neolloydia conoidea</i> (De Candolle) Britton et Rose R. T. Bárcenas 121, MEXU IFR = 0.007 IAGR = 0.150 IRR = 0.079 |  |  |
| 63. <i>Nyctocereus serpentinus</i> (Lagasca et Rodríguez) Britton et Rose R. T. Bárcenas 657, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.150 IRR = 0.076 |  |  |
| 64. <i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch R. T. Bárcenas 82, MEXU IFR = 0.031 IAGR = 0.400 IRR = 0.215 | | |

APÉNDICE 1.

| | |
|--|--|
| 65. <i>Opuntia hyptiacantha</i> Weber P. Colunga, 53, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0 IRR = indet. |  |
| 66. <i>Opuntia imbricata</i> (Haworth) De Candolle R. T. Bárcenas 5, MEXU IFR = 0.077 IAGR = 0.450 IRR = 0.263 |  |
| 67. <i>Opuntia jaliscana</i> Bravo R. T. Bárcenas 4, MEXU IFR = 0.007 IAGR = 0.250 IRR = 0.128 |  |
| 68. <i>Opuntia joconostle</i> Weber R. T. Bárcenas 1480, MEXU IFR = 0.008 IAGR = 0.150 IRR = 0.079 |  |
| 69. <i>Opuntia kleiniae</i> De Candolle R. T. Bárcenas 75, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = -0.025 |   |
| 70. <i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiffer R. T. Bárcenas 62, MEXU IFR = 0.036 IAGR = 0.750 IRR = 0.393 |   |
| 71. <i>Opuntia leptocaulis</i> De Candolle R. T. Bárcenas 54, MEXU IFR = 0.004 IAGR = 0.050 IRR = 0.027 |   |
| 72. <i>Opuntia leucotricha</i> De Candolle R. T. Bárcenas 128, MEXU IFR = 0.038 IAGR = 0.650 IRR = 0.344 | |
| 73. <i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dyck P. Colunga 13, MEXU IFR = 0.002 IAGR = 0.050 IRR = 0.026 | |
| 74. <i>Opuntia pubescens</i> Wendland R. T. Bárcenas 611, MEXU IFR = 0.020 IAGR = 0.450 IRR = 0.235 |  |
| 75. <i>Opuntia rastrea</i> Weber R. T. Bárcenas 437, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 |   |
| 76. <i>Opuntia robusta</i> Wendland R. T. Bárcenas 24, MEXU IFR = 0.043 IAGR = 0.700 IRR = 0.372 |  |
| 77. <i>Opuntia stenopetala</i> Engelm. R. T. Bárcenas 858, MEXU IFR = 0.005 IAGR = 0.100 IRR = 0.052 |   |
| 78. <i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire R. T. Bárcenas 15, MEXU IFR = 0.037 IAGR = 0.650 IRR = 0.343 |   |

APÉNDICE 1.

| | | | |
|--|---|---|---|
| 79. <i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck R. T. Bárcenas 172, MEXU IFR = 0.032 IAGR = 0.650 IRR = 0.341 |  |  | |
| 80. <i>Opuntia tunicata</i> (Lehman) Link et Otto R. T. Bárcenas 124, MEXU IFR = 0.007 IAGR = 0.150 IRR = 0.078 |  |  |  |
| 81. <i>Pereskiaopsis diguetii</i> (Weber) Britton et Rose P. Colunga 8, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  | | |
| 82. <i>Selenicereus spinulosus</i> (De Candolle) Britton et Rose R. T. Bárcenas 892, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  |  |
| 83. <i>Stenocactus coptonogonus</i> (Lemaire) Lawrence R. T. Bárcenas 154, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 | |  |  |
| 84. <i>Stenocactus lamellosus</i> (Dietrich) Berger ex Backeberg et Knuth R. T. Bárcenas 320, MEXU IFR = 0.003 IAGR = 0.100 IRR = 0.051 |  | | |
| 85. <i>Stenocactus pentacanthus</i> (Lemaire) Berger ex Backeberg et Knuth R. T. Bárcenas 11, MEXU IFR = 0.025 IAGR = 0.500 IRR = 0.263 | | | |
| 86. <i>Stenocactus wippermannii</i> (Muehlenpfordt) Berger ex Backeberg et Knuth R. T. Bárcenas 805, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 | |  |  |
| 87. <i>Stenocactus zacatecasensis</i> (Britton et Rose) Berger ex Backeberg et Knuth R. T. Bárcenas 169, MEXU IFR = 0.007 IAGR = 0.250 IRR = 0.128 |  | |  |
| 88. <i>Stenocereus pruinosus</i> (Otto) Buxbaum R. T. Bárcenas 47, MEXU IFR = 0.019 IAGR = 0.150 IRR = 0.084 |  | |  |
| 89. <i>Stenocereus queretaroensis</i> (Weber) Buxbaum R. T. Bárcenas 451, MEXU IFR = 0.012 IAGR = 0.500 IRR = 0.256 |  | |  |
| 90. <i>Strombocactus disciformis</i> (De Candolle) Britton et Rose R. T. Bárcenas 1489, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  |  |
| 91. <i>Thelocactus leucacanthus</i> (Zuccarini) Britton et Rose R. T. Bárcenas 901, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  |  |
| 92. <i>Turbincarpus alonsoi</i> Glass et Arias R. T. Bárcenas 1488, MEXU IFR = 0.001 IAGR = 0.050 IRR = 0.025 |  |  |  |

Cuadro 547

1. *Mammillaria jaliscana*
2. *Opuntia* aff. *guilanchi*
3. *Opuntia jaliscana*
4. *Opuntia lasiacantha*
5. *Opuntia* sp.
6. *Stenocereus queretaroensis*

Cuadro 555

1. *Opuntia* aff. *guilanchi*
2. *Opuntia tomentosa*
3. *Opuntia* sp.
4. *Stenocereus queretaroensis*

Cuadro 613

1. *Coryphantha clavata*
2. *Coryphantha radians*
3. *Echinocactus horizontalis*
4. *Ferocactus histrix*
5. *Ferocactus latispinus*
6. *Mammillaria decipiens*
7. *Mammillaria magnimamma*
8. *Mammillaria muehlenpfordtii*
9. *Mammillaria uncinata*
10. *Myrtillocactus geometrizans*
11. *Opuntia cantabrigiensis*
12. *Opuntia imbricata*
13. *Opuntia leucorricha*
14. *Opuntia streptacantha*
15. *Stenocactus coptonogonus*
16. *Stenocactus pentacanthus*

Cuadro 614

1. *Astrophytum ornatum*
2. *Coryphantha clava*
3. *Coryphantha clavata*
4. *Coryphantha cornifera*
5. *Coryphantha erecta*
6. *Echinocereus pentalophus*
7. *Ferocactus echidne*
8. *Ferocactus histrix*
9. *Ferocactus macrodiscus*
10. *Isolatocereus dumortieri*
11. *Mammillaria* cf. *calacantha*
12. *Mammillaria erythrosperma*
13. *Mammillaria geminispina*
14. *Mammillaria gigantea*
15. *Mammillaria magnimamma*
16. *Mammillaria schiedeana*
17. *Myrtillocactus geometrizans*
18. *Opuntia cantabrigiensis*
19. *Opuntia imbricata*
20. *Opuntia lasiacantha*
21. *Opuntia leucorricha*
22. *Opuntia pubescens*
23. *Opuntia robusta*
24. *Stenocactus pentacanthus*
25. *Stenocereus pruinosus*

Cuadro 621

1. *Coryphantha clavata*
2. *Coryphantha cornifera*
3. *Coryphantha erecta*
4. *Coryphantha octacantha*
5. *Coryphantha radians*
6. *Coryphantha sulcolanata*
7. *Echinocactus horizontalis*
8. *Ferocactus histrix*
9. *Ferocactus latispinus*
10. *Hamatocactus crassihamatus*
11. *Mammillaria compressa*
12. *Mammillaria densispina*
13. *Mammillaria gigantea*
14. *Mammillaria kewensis*
15. *Mammillaria magnimamma*
16. *Mammillaria muehlenpfordtii*
17. *Mammillaria perbella*
18. *Mammillaria petterssonii*
19. *Mammillaria polythele*
20. *Mammillaria uncinata*
21. *Mammillaria zephyranthoides*
22. *Myrtillocactus geometrizans*
23. *Neolloydia conoidea*
24. *Opuntia cantabrigiensis*
25. *Opuntia imbricata*
26. *Opuntia lasiacantha*
27. *Opuntia leucorricha*
28. *Opuntia robusta*
29. *Opuntia streptacantha*
30. *Opuntia tomentosa*
31. *Opuntia tunicata*
32. *Stenocactus pentacanthus*
33. *Stenocactus zacatecasensis*

Cuadro 622

1. *Astrophytum ornatum*
2. *Coryphantha clavata*
3. *Coryphantha cornifera*
4. *Coryphantha erecta*
5. *Coryphantha jalpanensis*
6. *Coryphantha radians*
7. *Echinocactus horizontalis*
8. *Echinocactus platyacanthus*
9. *Echinocereus pectinatus*
10. *Echinocereus pentalophus*
11. *Echinocereus polyacanthus*
12. *Ferocactus echidne*
13. *Ferocactus histrix*
14. *Ferocactus latispinus*
15. *Ferocactus macrodiscus*
16. *Hamatocactus crassihamatus*
17. *Isolatocereus dumortieri*
18. *Mammillaria* cf. *calacantha*
19. *Mammillaria decipiens*
20. *Mammillaria densispina*
21. *Mammillaria erythrosperma*
22. *Mammillaria geminispina*
23. *Mammillaria gigantea*
24. *Mammillaria herrerae*

25. *Mammillaria longimamma*
26. *Mammillaria magnimamma*
27. *Mammillaria microbelia*
28. *Mammillaria muehlenpfordtii*
29. *Mammillaria nana*
30. *Mammillaria perbella*
31. *Mammillaria polythele*
32. *Mammillaria rhodantha*
33. *Mammillaria saetigera*
34. *Mammillaria schiedeana*
35. *Mammillaria uncinata*
36. *Mammillaria zephyranthoides*
37. *Myrtillocactus geometrizans*
38. *Neolloydia conoidea*
39. *Opuntia cantabrigiensis*
40. *Opuntia imbricata*
41. *Opuntia joconostle*
42. *Opuntia kleiniae*
43. *Opuntia lasiacantha*
44. *Opuntia leptocaulis*
45. *Opuntia leucorricha*
46. *Opuntia pubescens*
47. *Opuntia robusta*
48. *Opuntia stenopetala*
49. *Opuntia streptacantha*
50. *Opuntia tomentosa*
51. *Opuntia tunicata*
52. *Stenocactus lamellosus*
53. *Stenocactus pentacanthus*
54. *Stenocereus pruinosus*
55. *Strombocactus disciformis*
56. *Turbincarpus alonsoi*

Cuadro 623

1. *Aporocactus flagelliformis*
2. *Astrophytum ornatum*
3. *Coryphantha clava*
4. *Coryphantha cornifera*
5. *Coryphantha erecta*
6. *Coryphantha radians*
7. *Echinocactus platyacanthus*
8. *Echinocereus cinerascens*
9. *Echinocereus pentalophus*
10. *Ferocactus echidne*
11. *Ferocactus glaucescens*
12. *Ferocactus histrix*
13. *Isolatocereus dumortieri*
14. *Mammillaria* cf. *calacantha*
15. *Mammillaria candida*
16. *Mammillaria elongata*
17. *Mammillaria geminispina*
18. *Mammillaria gigantea*
19. *Mammillaria hahniana*
20. *Mammillaria magnimamma*
21. *Mammillaria mendeliana*
22. *Mammillaria multihamata*
23. *Mammillaria polythele*
24. *Mammillaria schiedeana*
25. *Mammillaria seideliana*
26. *Mammillaria uncinata*
27. *Myrtillocactus geometrizans*

APÉNDICE 2

- 28 *Neolloydia conoidea*
- 29 *Opuntia cantabrigiensis*
- 30 *Opuntia imbricata*
- 31 *Opuntia lasiacantha*
- 32 *Opuntia pubescens*
- 33 *Opuntia robusta*
- 34 *Opuntia stenopetalata*
- 35 *Opuntia tomentosa*
- 36 *Selenicereus spinulosus*
- 37 *Stenocactus lamellosus*
- 38 *Stenocactus pentacanthus*
- 39 *Stenocereus pruinosus*
- 40 *Thelocactus leucacanthus*

Cuadro 629

- 1 *Coryphantha bumamma*
- 2 *Coryphantha cornifera*
- 3 *Coryphantha otonis*
- 4 *Coryphantha radians*
- 5 *Echinocactus horizontalonius*
- 6 *Ferocactus histrix*
- 7 *Ferocactus latispinus*
- 8 *Ferocactus macrodiscus*
- 9 *Isolatocereus dumortieri*
- 10 *Mammillaria gigantea*
- 11 *Mammillaria jaliscana*
- 12 *Mammillaria magnimamma*
- 13 *Mammillaria nana*
- 14 *Mammillaria polythele*
- 15 *Mammillaria rettigiana*
- 16 *Mammillaria uncinata*
- 17 *Mammillaria zeilmanniana*
- 18 *Mammillaria zephyranthoides*
- 19 *Myrtillocactus geometrizans*
- 20 *Nyctocereus serpentinus*
- 21 *Opuntia cantabrigiensis*
- 22 *Opuntia imbricata*
- 23 *Opuntia jaliscana*
- 24 *Opuntia joconostle*
- 25 *Opuntia lasiacantha*
- 26 *Opuntia leucotricha*
- 27 *Opuntia pubescens*
- 28 *Opuntia robusta*
- 29 *Opuntia streptacantha*
- 30 *Opuntia tomentosa*
- 31 *Stenocactus pentacanthus*
- 32 *Stenocereus queretaroensis*

Cuadro 630

- 1 *Coryphantha erecta*
- 2 *Coryphantha radians*
- 3 *Ferocactus latispinus*
- 4 *Ferocactus macrodiscus*
- 5 *Mammillaria magnimamma*
- 6 *Mammillaria uncinata*
- 7 *Myrtillocactus geometrizans*
- 8 *Opuntia cantabrigiensis*
- 9 *Opuntia imbricata*
- 10 *Opuntia robusta*

- 11 *Opuntia streptacantha*
- 12 *Opuntia tomentosa*
- 13 *Stenocactus pentacanthus*

Cuadro 637

- 1 *Coryphantha cornifera*
- 2 *Coryphantha radians*
- 3 *Isolatocereus dumortieri*
- 4 *Mammillaria densispina*
- 5 *Mammillaria pygmaea*
- 6 *Mammillaria rhodantha*
- 7 *Myrtillocactus geometrizans*
- 8 *Opuntia jaliscana*
- 9 *Opuntia lasiacantha*
- 10 *Opuntia leucotricha*
- 11 *Opuntia pubescens*
- 12 *Opuntia robusta*
- 13 *Opuntia tomentosa*
- 14 *Stenocereus queretaroensis*

Cuadro 638

- 1 *Myrtillocactus geometrizans*
- 2 *Opuntia robusta*
- 3 *Opuntia tomentosa*

Cuadro 646

- 1 *Coryphantha bumamma*
- 2 *Isolatocereus dumortieri*
- 3 *Mammillaria rhodantha*
- 4 *Opuntia jaliscana*
- 5 *Opuntia lasiacantha*
- 6 *Opuntia streptacantha*

Cuadro 733

- 1 *Coryphantha cornifera*
- 2 *Coryphantha radians*
- 3 *Ferocactus latispinus*
- 4 *Mammillaria erectohamata*
- 5 *Mammillaria uncinata*
- 6 *Opuntia leucotricha*
- 7 *Opuntia robusta*
- 8 *Opuntia streptacantha*
- 9 *Stenocactus pentacanthus*

Cuadro 734

- 1 *Coryphantha radians*
- 2 *Ferocactus histrix*
- 3 *Ferocactus latispinus*
- 4 *Mammillaria erectohamata*
- 5 *Mammillaria decipiens*
- 6 *Mammillaria gigantea*
- 7 *Mammillaria magnimamma*
- 8 *Mammillaria muehlenpfordtii*
- 9 *Mammillaria uncinata*
- 10 *Myrtillocactus geometrizans*
- 11 *Opuntia cantabrigiensis*

- 12 *Opuntia imbricata*
- 13 *Opuntia lasiacantha*
- 14 *Opuntia leucotricha*
- 15 *Opuntia rastrera*
- 16 *Opuntia robusta*
- 17 *Opuntia streptacantha*
- 18 *Opuntia tunicata*
- 19 *Stenocactus coptomogonus*
- 20 *Stenocactus pentacanthus*
- 21 *Stenocactus wippermannii*
- 22 *Stenocactus zacatecasensis*

Cuadro 735

- 1 *Echinocereus polyacanthus*
- 2 *Ferocactus histrix*
- 3 *Ferocactus latispinus*
- 4 *Mammillaria densispina*
- 5 *Mammillaria jaliscana*
- 6 *Mammillaria kunzeana*
- 7 *Mammillaria uncinata*
- 8 *Nyctocereus serpentinus*
- 9 *Opuntia lasiacantha*
- 10 *Opuntia leucotricha*
- 11 *Opuntia rastrera*
- 12 *Opuntia robusta*
- 13 *Opuntia streptacantha*
- 14 *Stenocactus zacatecasensis*
- 15 *Stenocereus queretaroensis*

Cuadro 736

- 1 *Coryphantha clavata*
- 2 *Coryphantha radians*
- 3 *Echinocereus polyacanthus*
- 4 *Ferocactus latispinus*
- 5 *Mammillaria petterssonii*
- 6 *Mammillaria uncinata*
- 7 *Myrtillocactus geometrizans*
- 8 *Opuntia imbricata*
- 9 *Opuntia lasiacantha*
- 10 *Opuntia leucotricha*
- 11 *Opuntia robusta*
- 12 *Opuntia streptacantha*
- 13 *Opuntia tomentosa*
- 14 *Stenocactus pentacanthus*
- 15 *Stenocactus zacatecasensis*
- 16 *Stenocereus queretaroensis*

Cuadro 737

- 1 *Isolatocereus dumortieri*
- 2 *Nyctocereus serpentinus*
- 3 *Opuntia lasiacantha*
- 4 *Opuntia leucotricha*
- 5 *Opuntia pubescens*
- 6 *Opuntia streptacantha*
- 7 *Opuntia tomentosa*
- 8 *Stenocereus queretaroensis*

APÉNDICE 2

Cuadro 738

- 1 *Coryphantha ottonis*
- 2 *Mammillaria densispina*
- 3 *Mammillaria jaliscana*
- 4 *Mammillaria pygmaea*
- 5 *Mammillaria uncinata*
- 6 *Myrtillocactus geometrizans*
- 7 *Opuntia lasiacantha*
- 8 *Opuntia pubescens*
- 9 *Opuntia robusta*
- 10 *Opuntia streptacantha*
- 11 *Opuntia tomentosa*
- 12 *Stenocactus zacatecasensis*
- 13 *Stenocereus queretaroensis*

Cuadro 739

- 1 *Isolatocereus dumortieri*
- 2 *Mammillaria rhodantha*
- 3 *Opuntia jaliscana*
- 4 *Opuntia lasiacantha*
- 5 *Opuntia leucotricha*
- 6 *Opuntia pubescens*
- 7 *Opuntia tomentosa*
- 8 *Stenocereus queretaroensis*

Cuadro 740

- 1 *Coryphantha bumamma*
- 2 *Isolatocereus dumortieri*
- 3 *Mammillaria polythele*
- 4 *Myrtillocactus geometrizans*
- 5 *Opuntia joconostle*
- 6 *Opuntia lasiacantha*
- 7 *Opuntia leucotricha*
- 8 *Opuntia megacantha*
- 9 *Opuntia pubescens*
- 10 *Opuntia robusta*
- 11 *Opuntia streptacantha*
- 12 *Opuntia tomentosa*
- 13 *Pereskiaopsis diguetii*
- 14 *Stenocereus queretaroensis*

Apéndice 3. Climas y precipitación del Estado de Guanajuato.

