

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CACTÁCEAS EN EL ESTADO DE NUEVO
LEÓN, MÉXICO

Por

BIOL. MC. LUIS ROCHA DOMINGUEZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
con Especialidad en Botánica.

Diciembre, 2005

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CACTÁCEAS EN EL ESTADO DE NUEVO
LEÓN, MÉXICO

COMITÉ DE TESIS

Dr. José Ignacio González Rojas
Presidente

Dr. Rhaim Foroughbakhck Pournavab
Secretario

Dr. Armando Jesús Contreras Balderas
Vocal

Dra. Leticia Villarreal Rivera
Vocal

Dr. Enrique Jurado Ybarra
Vocal externo

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. José Ignacio González Rojas asesor de mi tesis. Así como al Dr. Rhaim Foroughbakhck Pournavab, Dr. Armando Jesús Contreras Balderas, Dra. Leticia Villarreal Rivera y al Dr. Enrique Jurado Ybarra por formar parte de mi comité de tesis, por sus valiosas sugerencias e interés, en la revisión del presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Desarrollo por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

A la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por facilitarme información para el desarrollo de la tesis, así como al Instituto Nacional Ecología (INE) por otorgarme permiso para colecta de material botánico.

A la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León por ser mi Alma Mater.

Al Dr. Ricardo López Aguillón director de la Facultad de Ciencias Forestales por su permiso y apoyo para realizar mis estudios.

A la Doctora Julia Verde Star y al Dr. José Ignacio González Rojas por su amistad y apoyo.

A la Subdirección de Investigación de la Facultad de Ciencias Biológicas por brindarme un espacio para trabajar durante mis estudios

A Don Manuel Hernández Charles, Milton Gildardo Ruiz, Milton Hair, Eduardo Alanís, Edgar y Mario (mayito) por su apoyo en las salidas a campo y a Marta Corona, Melisa Puga y Marisol González Delgado por la ayuda en el manejo de la computadora, por la búsqueda de información bibliográfica y por el manejo de la misma.

A mi familia por el apoyo moral que siempre me ha brindado y a todas las personas que contribuyeron de una forma u otra en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A MI FAMILIA:

ESPOSA: NELVA GUADALUPE TREVIÑO GONZÁLEZ

HIJOS: LUIS, ALEJANDRO Y MARÍA FERNANDA

PADRES: MARÍA DE LA CRUZ DOMÍNGUEZ DE ROCHA Y ANTONIO ROCHA
HERNÁNDEZ

POR SER LA LUZ Y GUÍA DE MI VIDA, LOS AMO

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. RESUMEN | 9 |
| 2. ABSTRACT | 10 |
| 3. Introducción | 11 |
| 4. Hipótesis | 13 |
| 5. Objetivos | 14 |
| CAPÍTULO 1 | |
| 1.0. Diversidad, Origen y Distribución de las Cactáceas | 15 |
| 1.1. Generalidades | 15 |
| 1.2. Diversidad de Cactáceas | 16 |
| 1.2.1. Diversidad de Cactáceas en México | 18 |
| 1.2.2. Diversidad de Cactáceas en Nuevo León | 25 |
| 1.3. Origen y distribución de Cactáceas | 30 |
| 1.3.1. Generalidades | 30 |
| 1.3.2. Evolución | 33 |
| 1.3.2.1. Parientes de los cactus | 35 |
| 1.3.2.2. Una teoría – <i>Maihuenia</i> | 37 |
| 1.3.2.3. Otra teoría - <i>Pereskia</i> | 38 |
| 1.3.2.4. El misterio de <i>Rhipsalis</i> “otro escenario” | 38 |
| 1.3.3. Distribución en el continente americano | 40 |
| 1.3.4. Descripción de las subfamilias de cactaceae | 41 |
| 1.3.4.1. Subfamilia Pereskioideae | 43 |
| 1.3.4.2. Subfamilia Opuntioideae | 43 |
| 1.3.4.3. Subfamilia Cactoideae | 44 |
| 1.3.5. Datos acerca de la ecología de las cactáceas y de su distribución en los tipos de vegetación de México | 45 |
| 1.3.5.1. Consideraciones acerca del origen de las cactáceas | 45 |
| 1.3.6. Clasificación de la familia cactaceae dentro del suborden Portulacineae | 54 |
| 1.3.7. Distribución de las cactáceas en los principales tipos de vegetación de México | 59 |
| 1.4. Antecedentes sobre las cactáceas | 61 |
| 1.4.1. Distribución geográfica | 61 |
| 1.4.2. Vegetación | 62 |
| 1.4.3. Florística | 64 |
| 1.4.4. Fitodiversidad | 66 |

| | |
|--|-----|
| 1.4.5. Índices de diversidad | 67 |
| 1.4.6. Técnicas multivariadas | 68 |
| CAPÍTULO 2 | |
| 2.1. Marco geográfico del estado de Nuevo León | 72 |
| 2.1.1 Ubicación | 72 |
| 2.1.2. Geomorfología | 75 |
| 2.1.3. Clima | 78 |
| 2.1.4. Suelos | 80 |
| 2.1.5. Vegetación | 82 |
| 2.1.6. Regiones de Nuevo León | 85 |
| CAPÍTULO 3 | |
| 3.1. Metodología | 88 |
| 3.1.1. Método de consulta | 88 |
| 3.1.2. Método de campo | 88 |
| 3.1.3. Método de análisis | 91 |
| 3.1.3.1. Inventario cactoflorístico | 91 |
| 3.1.3.2. Análisis estadístico | 91 |
| 3.1.3.2.1. Índice de diversidad | 91 |
| 3.1.3.2.2. Estadística del análisis de la distribución | 92 |
| CAPÍTULO 4 | |
| 4.1. Resultados | 93 |
| 4.1.1. Distribución de los sitios de muestreo | 93 |
| 4.1.2. Comprobación del método | 96 |
| CAPÍTULO 5 | |
| 5.1. Resultados | 98 |
| 5.1.1. Flora cactológica de Nuevo León | 98 |
| CAPÍTULO 6 | |
| 6.1. Resultados | 105 |
| 6.1.1. Diversidad de especies de cactáceas por cuadrante | 105 |
| 6.1.2. Formas de vida de las cactáceas | 108 |
| 6.1.3. Índice de diversidad | 114 |
| CAPÍTULO 7 | |
| 7.1. Resultados | 118 |
| 7.1.1. Análisis estadístico | 118 |
| 7.1.1.1. Correlación | 118 |
| 7.1.2. Análisis de Closter | 123 |
| CAPÍTULO 8 | |
| 8.1. Conclusiones y recomendaciones de las cactáceas | 124 |
| 8.1.1. Conclusiones | 124 |

| | |
|--|-----|
| CAPÍTULO 9 | |
| 9.1. Discusiones y Recomendaciones del análisis de la distribución de Cactáceas | 127 |
| 9.1.1. Discusiones | 127 |
| 9.1.2. Recomendaciones | 131 |
| 9. Literatura citada | 133 |
| 10. Apéndice | 139 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURAS | PAGS. |
|---|-------|
| Figura 1. Localización de los desiertos más grandes de México. | 20 |
| Figura 2. Desierto Sonorense con presencia de <i>Carnegiea gigantea</i> | 21 |
| Figura 3. Desierto Chihuahuense con presencia de <i>Ferocactus pilosus</i> | 21 |
| Figura 4. <i>Echinocactus platyacanthus</i> | 28 |
| Figura 5. <i>Turbinicarpus zaragozae</i> | 28 |
| Figura 6. <i>Ferocactus echidne</i> | 28 |
| Figura 7. <i>Thelocactus conothelos</i> | 28 |
| Figura 8. <i>Astrophytum asterias</i> | 29 |
| Figura 9. <i>Ferocactus hamatacanthus</i> | 29 |
| Figura 10. <i>Escobaria emskoetteriana</i> | 29 |
| Figura 11. <i>Thelocactus setispinus</i> | 29 |
| Figura 12. Representación de los tipos de vegetación en México. | 50 |
| Figura 13. Localización del estado de Nuevo León con respecto a nuestro país. | 73 |
| Figura 14. Provincias fisiográficas en el estado de Nuevo León. | 76 |
| Figura 15. Representación de los niveles de altitud sobre el nivel del mar en el estado de Nuevo León. | 77 |
| Figura 16. Representación de los tipos de vegetación en el estado de Nuevo León. | 81 |
| Figura 17. Representación de los tipos de vegetación en el Estado de Nuevo León. | 84 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 18. Regiones ecológicas de Nuevo León. | 87 |
| Figura 19. Mapa de Nuevo León con la selección de los 30 cuadrantes. | 90 |
| Figura 20. Distribución de los transectos de muestreo en el Estado | 94 |
| Figura 21. Distribución de los transectos de muestreo en 1 cuadrantes | 95 |
| Figura 22. Curva de acumulación de especies de cactáceas colectadas en los 120 transectos de muestreo en Nuevo León. | 97 |
| Figura 23. Géneros de cactáceas de mayor importancia por su número de especies. | 99 |
| Figura 24. Relación del número de especies de cactáceas por género. | 100 |
| Figura 25. Número de veces en las que una especie aparece. | 106 |
| Figura 26. Relación de las especies de cactáceas en los cuadrantes. | 107 |
| Figura 27. Relación de formas biológicas que se presentan en las cactáceas. | 109 |
| Figura 28. Comparación de las formas biológicas de las región Norte y Sur | 111. |
| Figura 29. Estimación del número de especies de cactáceas por provincia fisiográfica en Nuevo León. | 113 |
| Figura 30. Diagrama del análisis de Cluster, en el que se utiliza un promedio de enlace entre grupos. | 123 |

ÍNDICE DE TABLAS

| CUADRO | PAGS. |
|--|-------|
| Tabla I. Géneros más representativos. | 24 |
| Tabla II. Lista de especies registradas para el estado de Nuevo León. | 101 |
| Tabla III. Análisis de los índices de similitud. | 116 |
| Tabla IV. Análisis de correlación de Pearson para las variables en estudio. | 120 |
| Tabla V. Evaluación de la prueba de Chi-cuadrada para clima | 121 |
| Tabla VI. Evaluación de la prueba de Chi-cuadrada para vegetación. | 121 |
| Tabla VII. Evaluación de la prueba de Chi-cuadrada para suelo. | 122 |
| Tabla VIII. Evaluación de la prueba de Chi-cuadrada para altitud. | 122 |

1. RESUMEN

En el presente estudio se generó, a partir del total de transectos, una curva de acumulación de especies con la que se demostró que el método de muestreo utilizado es confiable. Además, se registró un inventario cactoflorístico en el que se incluye a 141 taxa, de los cuales 127 corresponden a especies y 14 a subespecies, incluidas en 31 géneros. Los géneros con el mayor número de especies son *Mammillaria* con 24, *Echinocereus* con 19 y *Opuntia* y *Coryphantha* con 14. Existen especies con distribución en todo el Estado, algunas únicamente en el Norte y Centro del Estado o en el Sur, otras son endémicas a ciertas localidades, como *Geohintonia mexicana* que se localiza en suelos gipsófilos y *Echinocereus knippelianus* en bosques de pino. Asimismo, el patrón de distribución se presenta de manera heterogénea, porque se ubican 37 especies que se localizan en un sólo cuadrante, lo que indica que las especies son muy raras o que presentan una distribución muy restringida. Contrario a esto existen especies que comparten su distribución, por lo que se les considera como las especies más frecuentes en el Estado.

Se determinó que las especies con forma globosa son las más numerosas, con más de un 50% y predominan hacia la región Sur. Asimismo la distribución es más dominante en la Provincia Sierra Madre Oriental.

La correlación de las variables indicó una asociación y dependencia significativa al 1% de significancia. Esto indica que existe influencia en la distribución de las especies de cactáceas y por consiguiente se aceptan las hipótesis.

2. ABSTRACT

In the present study it was found, from the total of transects studied, a curve of accumulation of species with which one demonstrated that the sampling used method is reliable. In addition, a cactoflorist inventory in which 141 taxa are included 141, of which were registered 127 species and 14 are subspecies, included in 31 genera. The genera with the greater number of species are *Mammillaria* with 24, *Echinocereus* with 19 and *Opuntia* and *Coryphantha* with 14. Species with distribution in all the State, some solely in the North and Center of the State exist or in the South, others are endemic to certain localities, *Geohintonia mexicana* that is located in gipsófilos soils grounds and *Echinocereus knippelianus* in pine forests. Also, distribution pattern presents are displayed heterogenous, way because 37 species are located in only a quadrant, which indicates that they are very rare or display a restricted distribution. In opposition to this species other share their distribution, and are considered as the most frequent species in the State. It was determined that the species with rounded forms are most numerous, having more than 50% and they occur towards the South region, Also the distribution is more dominant in the Province Mountain range Eastern Mother. The correlation of the variables indicated an association and significant dependency to 1% . This indicates that influence in the distribution of the species of cacti exists and therefore the hypotheses are accepted.

3. INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae es uno de los grupos de plantas más amenazados en el reino vegetal; considerándosele como un grupo morfológicamente heterogéneo. Taxonómicamente cuenta con 100 géneros y 1500 especies, integradas en tres subfamilias (HersHKovitz, 1997) y confinadas enteramente al continente americano con excepción de *Rhipsalis baccifera* (Hernández and Bárcenas, 1995).

Las cactáceas son un grupo de plantas vasculares que revisten gran interés, ya que del total de los taxa conocidos, 563 especies (una tercera parte) y 48 géneros se desarrollan en México (Hernández y Bárcenas, 1995; 1996; Gómez and Fernández, 2000), por lo que se le considera a nuestro país, el principal centro de distribución y diversidad y con ello un alto índice de endemismo, a nivel genérico un 73% y un 78% a nivel específico. 197 (35%) de las especies conocidas están en peligro de extinción (Hernández y Godínez, 1994).

La mayoría de las cactáceas se localizan en las extensas regiones áridas y semiáridas del país, siendo un centro muy importante de diversificación (León y Valiente-Banuet, 1994; Hernández and Bárcenas, 1995). La proporción más significativa se localizan dentro del Desierto Chihuahuense, principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí.

Poco se ha escrito acerca de la distribución de las cactáceas mexicanas tanto a nivel altitudinal (Sanchez-Mejorada) como de tipos de vegetación. Se sabe que se

encuentran desde el nivel del mar hasta poco arriba de los 3000 metros de altitud y están representadas en todos los tipos de vegetación, sin embargo, es en los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas donde han alcanzado su máxima diversidad en cuanto a géneros y especies se refiere.

Existen grandes obstáculos para evaluar la distribución geográfica de las cactáceas debido a la carencia de información inventarial, especialmente en lo que se refiere a los límites genéricos y específicos.

Nuevo León exhibe una gran diversidad de comunidades vegetales, debido principalmente a las condiciones climáticas, edáficas, topográficas y orográficas, que constituyen un intrincado sistema de factores ecológicos que regulan la distribución y la presencia de las especies en las diversas regiones fisiográficas del estado (Rojas, 1965). Por lo que es importante estudiar las interacciones o asociaciones interespecíficas entre especies (Ludwig, 1988).

4. HIPÓTESIS

Se presenta un inventario cactoflorístico de acuerdo a la composición de especies localizadas en todo el estado de Nuevo León.

Existen diferencias significativas en la riqueza de especies de cactáceas de acuerdo a las regiones Norte, Centro y Sur y en las provincias fisiográficas que conforman al estado de Nuevo León.

El análisis entre los cuadrantes en los que se dividió al Estado presenta similitud dada la composición de especies.

La distribución de las cactáceas esta determinada por el clima, suelo, altitud, índice de aridez y vegetación.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

El presente estudio tiene como finalidad contribuir al análisis de la distribución de las cactáceas de Nuevo León.

Objetivos específicos:

1. Realizar un inventario florístico de las cactáceas del Estado de Nuevo León.
2. Determinar la distribución de riqueza de especies entre las tres regiones (Norte, Centro y Sur) del Estado.
3. Determinar la distribución de riqueza de especies por provincia fisiográfica.
4. Determinar el grado de similitud de las especies de cactáceas entre cuadrantes.
5. Analizar la distribución de las especies de cactáceas con base al clima, suelo, altitud, vegetación e índice de aridez.

CAPÍTULO 1

1.0. LAS CACTÁCEAS: DIVERSIDAD, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Las cactáceas son de origen americano y se encuentran ampliamente distribuidas desde Canadá hasta la Patagonia, donde prevalecen principalmente en las tierras áridas y semiáridas, además, algunos géneros crecen en climas húmedos. Aparentemente existen tres especies del género *Rhipsalis* que son naturales en África tropical.

Muchos autores postulan la siguiente hipótesis: las cactáceas se originaron en México y en las Antillas, debido a la enorme diversidad que se encuentra en estas regiones.

México es un país con una enorme diversidad climática, debido a sus cadenas montañosas lo dividen en áreas con climas que abarcan el tropical y el frío, hasta el húmedo y el árido. Sin embargo, aunque existen regiones ecológicas con climas muy cálidos, también existen grandes extensiones de tierras áridas con climas muy extremos.

Esta diversidad se ve incrementada por el hecho de que México se encuentra en la confluencia de dos grandes regiones biogeográficas: la Holártica y la Neotropical.

Las dos principales regiones áridas de México son los desiertos Sonorense y Chihuahuense, que en su conjunto comprenden un área mayor que los estados del mismo nombre. El desierto Sonorense se localiza hacia el noroeste, mientras que el chihuahuense se encuentra en la parte central del país. Ambas regiones se internan en el territorio de los Estados Unidos. En estos desiertos se presenta una gran riqueza de especies de cactáceas, además de que muchas especies son endémicas a éstos y con ello un gran número se encuentran amenazadas por el saqueo indiscriminado que de ellas se tiene.

1.2. DIVERSIDAD DE CACTÁCEAS

La diversidad de especies vegetales constituye el principal testimonio de la evolución sobre la Tierra; producto de un desarrollo genético milenario y de una adaptación constante a su entorno.

Existen cinco centros de diversidad para cactáceas, localizados tres en América del Sur, uno en Mesoamérica y otro más en América del Norte.

Los dos centros principales de dispersión de las Cactáceas están en áreas secas situadas al extremo de los trópicos: la Meseta Central de México y los Andes del Perú y Bolivia. Desde las mencionadas regiones, se extienden hasta zonas más templadas.

En América del Sur existe una de las regiones más ricas en número de especies, localizadas en las zonas áridas y semiáridas de las estribaciones centrales de los Andes,

comprendiendo gran parte del Perú y Bolivia, Sur de Ecuador, Noreste de Chile y Argentina, en donde se diversifican las tribus *Trichocereae*, *Notocateae* y *Browningieae*. Cerca del 18% del total de los géneros son nativos de esta región y casi 420 especies y variedades son endémicas de Perú y Bolivia, mientras que en el Sur de Ecuador, Noroeste de Chile y Noroeste de Argentina se conocen más de 115 especies.

Las cactáceas tienen representantes en todas las provincias de Argentina, salvo en la Provincia de Tierra del fuego y la mayor diversidad de especies se encuentra en el Noroeste del País en las zonas de Monte, Puna y Prepuna, que juntamente con las poblaciones de cactáceas de Bolivia y Perú, constituyen el segundo polo de gran diversidad de esta familia después de México. En lo que a Argentina concierne, existen 36 géneros, de los cuales *Acanthocalycium*, *Denmoza*, *Pterocactus*, *Pyrrhocactus* *Setiechinopsis*, *Tephrocactus* son endémicos, además, de las aproximadamente 230 especies, 110 son endémicas.

El segundo centro de diversidad se localiza en el Este de Brasil, donde la vegetación xerófila de montaña y tropical son ricas en cactáceas de forma arborescente, columnar, arbustiva, trepadora y epífita; muchas de las cuales se incluyen en las tribus *Cereeae* y *Rhipsalideae*. De esta amplia zona se conocen más de 150 especies, de las cuales el 80% son endémicas.

Además de su extraordinaria diversidad de especies, la gran variedad de formas de vida, así como las diversas estrategias que en tiempos evolutivos se han desarrollado

para hacer frente a la escasez de agua, hacen de las cactáceas un grupo biológica y ecológicamente muy interesante.

1.2.1. DIVERSIDAD DE CACTÁCEAS EN MÉXICO

México es depositario de una rica variedad de especies de flora, de hecho es el tercer o cuarto país en el planeta en riqueza de plantas. Los cálculos más conservadores estiman que alberga la décima parte de la diversidad biológica del mundo. Sin embargo, han sido plantas poco conocidas hasta muy recientemente y escasamente valoradas, de no ser por especialistas en este grupo.

Las cactáceas son, tal vez, las plantas más representativas del paisaje mexicano, especialmente en las zonas áridas. Se distribuyen en todo el continente Americano, la diversidad que alcanza en México es sobresaliente ya que habitan cerca del 70%, aproximadamente alrededor de 800 especies de las 1500 que existen en el mundo.

Se calcula que la familia incluye alrededor de 110 géneros y cerca de 1 500 especies; con la presencia en el País de alrededor de 52 géneros y 800 especies. Nuestro país se considera como el de mayor diversidad para la familia, destacando los géneros *Mammillaria* y *Opuntia* (los nopales son muy importantes en nuestra cultura) por su diversidad y distribución en el país.

En México existen dos grandes regiones áridas ubicadas en la región centro-norte del País. Estas son El Desierto Chihuahuense y el Sonorense (Figuras 2 y 3) y cubren la

mitad del territorio nacional (ver Figura 1). El primero lo constituyen cactáceas de formas globosas y de tamaños pequeños con aspecto muy raro y de flores muy llamativas, mientras que en el Sonorense dominan las cactáceas columnares y las cilindropuntias.

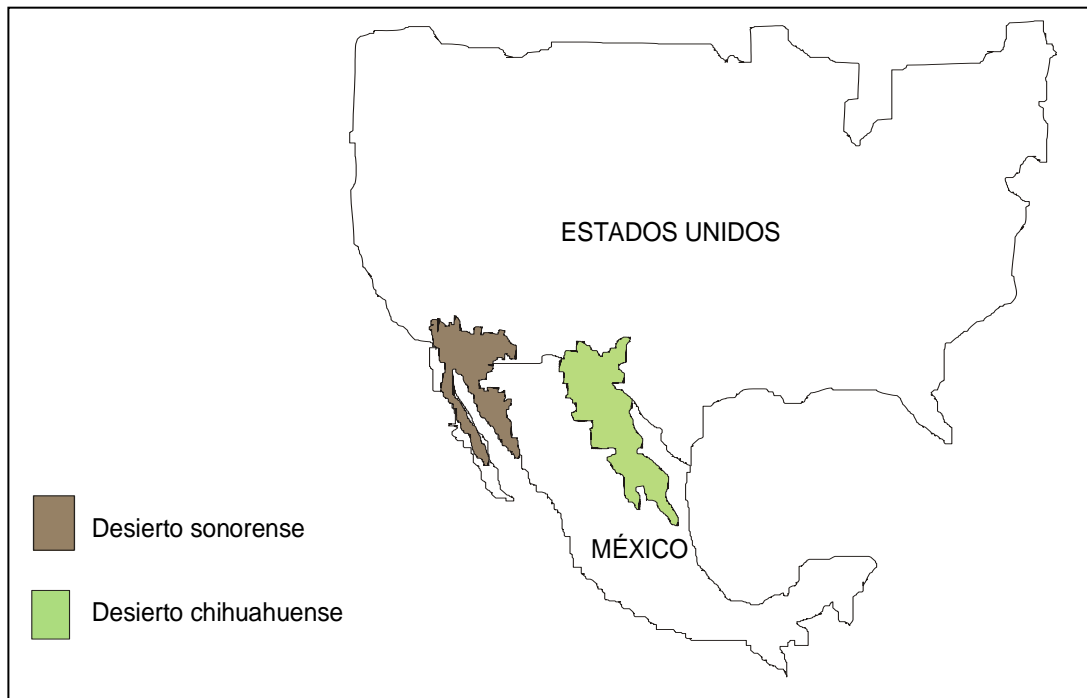


Figura 1. Localización de los desiertos más grandes de México.

Ejemplos de especies de cactáceas encontrados en los desiertos más grandes de México.



Figura 2. Desierto Sonorense con presencia de *Carnegiea gigantea*, Sonora, México



Figura 3. Desierto Chihuahuense con presencia de *Ferocactus pilosus* en Aramberri, Nuevo León.

Algunas de las regiones de alta diversidad florística de cactáceas en México son el valle de Tehuacán-Cuicatlán, localizado en los estados de Puebla y Oaxaca, el altiplano potosino y sur de Nuevo León, los valles intermontanos de Hidalgo y Querétaro y los bosques deciduos y espinosos de Tehuantepec. Como centro de diversificación de la familia, en México encontramos también un alto grado de endemismo: aproximadamente 18 géneros (35%) y 715 especies (84%) existen únicamente en nuestro país.

Los cactáceas han desarrollado adaptaciones asombrosas que les permiten enfrentar las adversas condiciones climáticas de las zonas áridas, cubriendo estas zonas los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Baja California Sur, con una superficie total aproximada de 56.7 millones de hectáreas, (Comisión Nacional de las Zonas Áridas, México "CONAZA", 1972).

Algunas de las cactáceas encontradas en el Desierto Sonorense, particularmente en la depresión del Balsas y principalmente en el Valle de Tehuacan son: *Pachycereus pringlei* (Cardo pelón), *Bergerocactus emory* (Cactus aterciopelado). En Baja California se localiza *Stenocereus trelleasi* (Tunillos) y en Oaxaca; *Carnegiea gigantea* (Saguaro o sahuaro) en Sonora y Arizona; *Myrtillocactus geometrizans* (Garambullo) *Backebergia militaris* (Tipoche o gorra de granadero) en Guerrero y Michoacán.

Algunas de las cactáceas encontradas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán se presentan asociaciones como es el caso de *Neobuxbaumia tetexto* y una de las especies

más importantes por su talla es *Pachycereus weberi*, la cual prospera en el Sur de México, constituyendo en ocasiones agrupaciones denominadas cardones. También existen agrupaciones de *Neobuxbaumia mezcalaensis* la cual habita en las Selvas Bajas Caducifolias de Guerrero y Puebla. Asimismo se localizan algunas especies de pitayas, las cuales son cactáceas arborescentes, como por ejemplo *Stenocereus pruinosus*, en la Mixteca, o *Stenocereus thurberi* en las planicies de Sonora y Baja California. En los Valles Intermontanos de Hidalgo crece el famoso *Cephalocereus senilis* (viejito).

La gran diversidad de cactáceas con las que cuenta nuestro país (Tabla 1) representa un patrimonio de un incalculable valor, pero dramáticamente son ahora uno de los grupos de plantas más amenazados o en peligro de extinción. Uno de los factores que más incide en su reducción o desaparición es la extracción de miles de ejemplares de sus ecosistemas, para ir a parar a colecciones particulares en el extranjero y en México. De igual forma que en otras partes del mundo, otro factor son los cambios de uso del suelo, la expansión urbana y la extracción y tráfico ilegal de especies para surtir el mercado negro internacional y de coleccionistas.

Por ello, la protección de las áreas en las que se reproducen, así como el freno a su tráfico ilegal, constituyen acciones de conservación de un rico y representativo patrimonio natural de los mexicanos.

TABLA I

Diversidad de géneros más representativos para México.

| | | |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|
| <i>ACANTHOCALYCIUM</i> | <i>DENMOZA</i> | <i>NEOWERDOMANNIA</i> |
| <i>ACANTHOCEREUS</i> | <i>DISCOCACTUS</i> | <i>OBREGONIA</i> |
| <i>APOROCACTUS</i> | <i>ERIOSYCE</i> | <i>OPUNTIA</i> |
| <i>ARIOCARPUS</i> | <i>ESCOBARIA</i> | <i>OREOCEREUS</i> |
| <i>ARMATOCEREUS</i> | <i>ESPOSTOA</i> | <i>PACHYCEREUS</i> |
| <i>ARROJADOA</i> | <i>ESPOSTOOPSIS</i> | <i>PARODIA</i> |
| <i>ARTHROCEREUS</i> | <i>EULYCHNIA</i> | <i>PEDIOCACTUS</i> |
| <i>ASTROPHYTUM</i> | <i>FACHEIROA</i> | <i>PELECYPHORA</i> |
| <i>AUSTROCACTUS</i> | <i>FEROCACTUS</i> | <i>PERESKIA</i> |
| <i>AZTEKIUM</i> | <i>GYMNOCALYCIUM</i> | <i>PERESKIOPSIS</i> |
| <i>BERGEROCACTUS</i> | <i>HAAGEOCEREUS</i> | <i>PILOSOCEREUS</i> |
| <i>BLOSSFELDIA</i> | <i>HARRISIA</i> | <i>PSEUDORHIPSALIS</i> |
| <i>BRACHYCEREUS</i> | <i>HATIORA</i> | <i>PTEROCACTUS</i> |
| <i>BRASILIC</i> | <i>HELIOCEREUS</i> | <i>REBUTIA</i> |
| <i>BROWNINGIA</i> | <i>HYLOCEREUS</i> | <i>RHIPSALIS</i> |
| <i>CALYMMANTHIUM</i> | <i>JASMINOCEREUS</i> | <i>SAMAIPATICEREUS</i> |
| <i>CARNEGIEA</i> | <i>LEOCEREUS</i> | <i>SCHLUMBERGERA</i> |
| <i>CEREUS</i> | <i>LEPISMIUM</i> | <i>SCLEROCACTUS</i> |
| <i>CHAMAECEREUS</i> | <i>LEPTOCEREUS</i> | <i>SELENICEREUS</i> |
| <i>CIPOCEREUS</i> | <i>LEUCHTENBERGIA</i> | <i>STENOCACTUS</i> |
| <i>CLEISTOCACTUS</i> | <i>LOPHOPHORA</i> | <i>STENOCEREUS</i> |
| <i>COLEOCEPHALOCEREUS</i> | <i>MAIHUENIA</i> | <i>STEPHANOCEREUS</i> |
| <i>COPIAPOA</i> | <i>MAMMILLARIA</i> | <i>STETSONIA</i> |
| <i>CORRYOCACTUS</i> | <i>MELOCACTUS</i> | <i>STROMBOCACTUS</i> |
| <i>CORYPHANTHA</i> | <i>MICRANTHOCEREUS</i> | <i>TACINGA</i> |
| <i>ECHINOCACTUS</i> | <i>MILA</i> | <i>THELOCACTUS</i> |
| <i>ECHINOCEREUS</i> | <i>MYRTILLOCACTUS</i> | <i>UEBELMANNIA</i> |
| <i>ECHINOPSIS</i> | <i>NEOLLOYDIA</i> | <i>WEBERBAUEROEREUS</i> |
| <i>EPIPHYLLUM</i> | <i>NEOPORTERIA</i> | <i>WEBEROCEREUS</i> |
| <i>EPITHELANTHA</i> | <i>NEORAIMONDIA</i> | <i>ZYGOCACTUS</i> |

1.2.2. DIVERSIDAD DE CACTÁCEAS EN NUEVO LEÓN

Las cactáceas son un grupo de plantas de las más conspicuas en las regiones áridas y semiáridas del país. De acuerdo con su posición geográfica, principalmente por su altitud, el Estado de Nuevo León esta comprendido dentro de la gran zona árida mundial ya que, según Arias (1993, 1997), es donde la proporción de tierras áridas es mayor.

En Nuevo León, se han realizado estudios sobre su vegetación (Alanís, 1996) y flora (Gold, 1969), donde menciona que el número de cactáceas en el estado de Nuevo León es grande y enlista 29 géneros y 79 especies de cactáceas. Asimismo Mancias (1972) en su estudio sobre los nopales de Nuevo León, señala ocho especies del género *Opuntia*, dos de los cuales se anotan como nuevos reportes para el Estado y dos como altamente forrajeras.

Por otro lado, El Desierto Chihuahuense es uno de los desiertos más ricos del mundo, en términos biológicos, comparable únicamente con el Namib-Karoo de África y el Gran Desierto Arenoso de Australia.

Se estima una flora de aproximadamente 6,000 especies vegetales, de las cuales 3,600 son endémicas de esta gran zona árida. El Desierto Chihuahuense, lo constituyen cactáceas principalmente de formas globosas y de tamaños pequeños, de aspecto muy raro y de flores muy vistosas.

En la zona se encuentran peces, reptiles y plantas que no existen en ninguna otra parte. El desierto también es hogar de casi un cuarto de las 1,500 especies de cactáceas conocidas, incluyendo muchas especies que no se encuentran en ningún otro lugar (especies endémicas).

Esta región comprende una extensa zona en la parte norte de México y sur de Estados Unidos. Estudios realizados en los últimos años señalan que para el Desierto Chihuahuense y zonas marginales se localiza un total de 89 especies de cactáceas amenazadas, mientras que para el desierto Sonorense se reportan 35.

Entre las regiones más importantes por su alta diversidad y endemismo en la región del Desierto Chihuahuense se encuentran: el valle de Cuatro Ciénegas y sierra de la Paila en Coahuila; la región Sur y hacia el Este en el centro de Nuevo León; el valle de Jaumave en Tamaulipas y la región del Huizache y Guadalcasar en San Luis Potosí.

El Desierto Chihuahuense presenta una gran variedad de géneros y una amplia diversidad de especies con alto grado de endemismos, los cuales presentan variadas y extraordinarias formas de vida, que en algunos casos están restringidos a hábitats muy específicos, como ocurre con *Ariocarpus*, *Astrophytum*, *Aztekium*, *Epithelantha*, *Geohintonia*, *Leuchtenbergia*, *Lophophora*, *Obregonia*, *Pelecypora* entre otros.

El comercio en cactus es impulsado por dos fuerzas: la demanda de cactus para usar en paisajismo y la demanda de los "cactófilos", coleccionistas que prefieren especies raras y recién descubiertas.

Europa y Japón se han convertido en destinos populares para el contrabando de plantas y semillas de cactus raros y valiosos del desierto chihuahuense.

Entre los cactus que están en peligro y que existe una prohibición total de su comercio nacional e internacional son el cacto "roca viviente" (*Ariocarpus retusus*) y el cacto azteca (*Aztekium ritteri*). Los principales consumidores de cactus del Desierto de Chihuahua son, en orden, los Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Suecia, España, México, Italia, Canadá y Japón.

El paisajismo usando plantas tolerantes a la sequía, conocido como paisajismo xérico o xeropaisajismo, está prosperando en ciudades como Phoenix, Tucson (Arizona) y Las Vegas, Nevada. Las mencionadas ciudades pertenecen a los Estados Unidos de Norteamérica. Las especies de uso más popular son los cactus "barril", nopales y saguaro. Muchos depredadores encuentran que es más fácil y más rápido obtener plantas maduras en el campo que propagarlas por semilla en los viveros.

Especies de cactáceas colectadas ilegalmente para su comercio:



Figura 4. *Echinocactus platyacanthus* en Aramberri, N. L.



Figura 5. *Turbinicarpus zaragozae* en Zaragoza, N. L.



Figura 6. *Ferocactus echidne* en Zaragoza, N. L.



Figura 7. *Thelocactus conothelos* en Galeana, N. L.



Figura 8. *Astrophytum asterias*
en Linares, N. L.



Figura 9. *Ferocactus hamatacanthus*
en Mina, N. L.



Figura 10. *Escobaria emskoetteriana*
en China, N. L.



Figura 11. *Thelocactus setispinus*
en Vallecillos, N. L.

1.3. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS CACTÁCEAS

1.3.1. GENERALIDADES

La familia Cactaceae es un grupo de plantas modelo para el estudio de la biodiversidad, conservación, genética y ecología. Esta familia presenta elementos vegetales perennes, suculentos; generalmente espinosos. Las espinas son variables en tamaño, forma, consistencia, color y disposición; presentan flores llamativas y vistosas. El fruto es seco o jugoso con numerosas semillas.

Sorprenden por las formas extraordinarias de sus tallos y vistosidad de sus flores, interesan también por la anatomía de sus estructuras, las modalidades de su fisiología, indicadoras ambas de su admirable adaptación a la sequía, particularmente a las zonas áridas, y en los últimos años han sido de gran interés científico, debido a la variedad de sustancias que se pueden extraer de ellas, por lo que tienen un amplio uso en la industria alimentaría, farmacéutica y química.

Entre las adaptaciones más notables que el tallo adquiere en relación con la aridez, hay que mencionar aquellas que le permiten almacenar y conservar el agua en sus tejidos, reducción de la superficie de transpiración al adquirir formas globosas, atrofia de las hojas o su transformación en escamas y espinas, el engrosamiento de la cutícula y de las membranas celulósicas, la excrescencia de sustancias cerosas y la gran longitud que adquieren sus raíces; por la singular capacidad que el tallo tiene de distenderse al acumular agua, las cactáceas forman parte del grupo de plantas llamadas xerófitas suculentas como son entre otras, los agaves.

El agua constituye el principal componente químico de las cactáceas, su contenido varía mucho entre los diversos géneros y la disponibilidad de la misma; las cantidades van desde 79 hasta 94 %. Otro componente químico importante son los néctares, éstos son sustancias exudadas por órganos especializados, son una mezcla de azúcares que a veces contienen ligeras cantidades de aceites esenciales, los néctares juegan un importante papel en la polinización, atrayendo hacia las flores a insectos y aves.

Algunas cactáceas producen un grupo de sustancias químicas de especial interés por sus propiedades farmacológicas, los alcaloides, como ejemplo tenemos al peyote (*Lophophora williamsii*). Aunque esta especie ha sido excluida del grupo de los alcaloides (comunicación personal con especialista en química de plantas).

Las cactáceas son esencialmente plantas nuevas del mundo; conocidas comúnmente como cactus, como presentan una gran capacidad de adaptación a diferentes climas y por sus formas llamativas han sido desde mediados del siglo XX objeto de colectas exhaustivas para ser comercializadas en los mercados nacionales y sobre todo internacionales; la disminución de las especies silvestres en forma alarmante ha hecho que el gobierno las proteja con leyes que prohíben la exportación, sobre todo cuando son colectadas en su hábitat natural de distribución.

La familia de las cactáceas es posiblemente el grupo más amenazado del reino vegetal, ya que se ha estimado que el 35% de estas especies mexicanas están

amenazadas; implicando lo anterior un antecedente con pleno sustento para ubicar a los miembros de esta familia como prioritarios para su conservación.

El factor principal que afecta el estado de conservación de las cactáceas, es el hecho de que éstas son extraídas de su hábitat natural para su comercialización como ornamentales y como piezas para colectores. Además, es bien sabido que las regiones áridas y semiáridas están siendo dramáticamente modificadas por la agricultura, el sobrepastoreo y la minería. El efecto combinado de estas formas sin una planificación adecuada, ha tenido un impacto significativo de disturbio sobre las poblaciones naturales. Como una consecuencia de lo anterior, es urgente un programa integral de conservación de este grupo de plantas.

El grupo de las Cactáceas son miembros del orden Caryophyllales, incluye de 12 a 18 familias tradicionales que abarcan cerca de 10.000 especies. Éste orden se caracteriza por sus rasgos florales, vegetativos, embriológicos, químicos y fisiológicos. Aunque Caryophyllales se ha distribuido por todo el mundo en todas las clases de hábitats terrestres y destaque esencialmente en todas las formas de vida de angiospermas y son diversos sobre todo en ambientes áridos.

Por otro lado, el expediente fósil de la familia Cactaceae no es de ayuda en la determinación de su origen, porque no se ha encontrado ningún fósil de este tipo. Sin embargo, la Tectónica de Placas o la deriva continental es un fenómeno dominante de gran apoyo para entender el lugar y la época del origen de los cactus. Además, los datos morfológicos, moleculares y la biogeografía proporcionan una cantidad de información

notable sobre el lugar y los cactus aproximados en el tiempo de origen, así como sus antepasados posibles.

El estudio tiene como objetivo proporcionar información sobre el origen y la distribución de las cactáceas en el mundo.

1.3.2. EVOLUCIÓN

Las cactáceas, son nativas del continente Americano en donde se encuentran distribuidas especialmente en las regiones áridas y semiáridas, actualmente desde Canadá hasta el estrecho de Magallanes en América del sur.

Evolucionaron ya como cactáceas de ancestros foliados extintos, que vivieron en territorios emergidos del caribe, después de que el continente Americano quedó separado de África, por lo que no hubo oportunidad de su dispersión, establecimiento y evolución en otros continentes. Como no se han encontrado hasta la fecha fósiles, no se sabe en que época se originaron y diferenciaron.

Se tienen pocas evidencias fósiles que corroboren su origen y antigüedad pero algunos investigadores en la Familia Cactaceae postulan que las cactáceas se originaron en México y en las Antillas, por la enorme diversidad de ellas en estas regiones" (UNAM: 1989), originándose estas, probablemente, a partir de plantas trepadoras, leñosas, tropicales, semejantes a las *Pereskia*. La familia es actualmente de distribución americana, con una sola especie en África, correspondiendo al género *Rypsalis*, aunque

muchos autores la marcan como una especie introducida y naturalizada en el Continente Africano.

Haciendo una comparación con otros países, en cuanto a número de especies de plantas, tenemos que mientras Estados Unidos cuenta con 18 mil especies, la ex Unión Soviética 20 mil, China 26 mil y en todo el continente europeo solamente 12 mil. México cuenta con una cifra mayor que todos los países anteriores, hablamos de 30 mil especies identificadas.

Las cactáceas se han diversificado en un considerable número de especies y formas biológicas de vida y se han establecido en varios ecosistemas, siendo su hábitat principal las zonas áridas y semiáridas.

Nunca se han encontrado fósiles de los primeros cactus, porque para que se forme un fósil se necesita que exista agua en abundancia para la sedimentación o las reservas de sedimento sobre la planta como una plasta en molde, esta es una ocurrencia muy rara en el caso de los cactus, en un medio ambiente en donde el agua escasea como es el desierto.

Sin embargo, el DNA, el antecedente molecular, la biogeografía y la geología (por ejemplo las placas tectónicas en la biología) nos han dado unas cuantas pistas.

1.3.2.1. PARIENTES DE LOS CACTUS

En estudios del DNA que se han realizado, se ha encontrado que la más cercana familia de cactus es la familia Portulacaceae (Por ejemplo el género *Portulaca*, *Talinum*, y *Anacampseros*) y posiblemente de la familia Dideraceae, la cual las coloca a ellas en las Caryophyllales, las cuales se originaron en África. Las Portulacaceae ahora se dan en Sudáfrica, Kerguelen Islandia y Nueva Zelanda. Todas forman parte de la original zona de Gondwana. Las Dideraceae habitan en Madagascar, otra parte de Gondwana. Lo anterior hace que tenga sentido que los cactus son de América, empezando por Suramérica, otra parte de Gondwana.

En el principio había una masa de Tierra – La Pangea- la cual se dividió en Laurasia (al Norte – Norteamérica, Europa y Asia) y Gondwana (Sudáfrica, Suramérica, India, Madagascar y Antártida) hace cerca de 165 a 200 millones de años. Hace cerca de 130 millones de años Gondwana se dividió en África, Madagascar y Suramérica y estas partes se empezaron a mover aparte. Las Caryophyllales estaban en esta área de la región de Gondwana que se resquebrajó y convirtió en África y Sudáfrica.

65 millones de años hace que había 800 km entre los dos continentes de África y Suramérica, tal distancia es suficiente para asegurarnos de que no había intercambio de organismos entre las dos masas de tierra por ej: pájaros migratorios o bolsas flotantes, de tal modo que la evolución de especies en cada masa de Tierra ocurría en diferentes direcciones.

Debido a que los cactus son encontrados únicamente en el Nuevo Mundo, se asume que ellos empezaron a aparecer después de la separación de Suramérica del otro continente de Gondwana y después de 65 millones de años se movieron hacia Norteamérica cuando estas dos masas se conectaron entonces fue que evolucionaron separadamente cuando las dos masas de Tierra, del Norte y Sur América llegaron a ser de nuevo separadas ya que el puente de Tierra que las unía fue llevado por la corriente y de nuevo fueron unidas con América Central, esto fue mucho después. Se piensa que el primer cactus apareció y evolucionó hace cerca de 30 millones de años, según algunos estudios realizados.

Las Caryophyllales se dividieron en dos continentes (Realmente las Cactaceae, Portulacaceae, complejo Dideraceae fue retorcido y después dividido en 5 masas de Tierra de la original Gondwana que arriba ya se ha mencionado en las familias de cactus y las de Suramérica que evolucionaron en cactus hace cerca de 30 Millones de años.

El punto exacto en términos de área para el origen de los primeros cactus se ha disputado por muchos años, posiblemente sea el Caribe, México del Sur, El Norte de Suramérica o a lo largo de los Andes. Cuando Suramérica con Norteamérica los cactus se movieron hacia el norte (y sur) así que actualmente se extienden desde América Central hasta la parte más baja de Suramérica y en cada lugar entre ellos.

Entre hoy y hace 30 millones de años el clima ha cambiado, los glaciares se retiraron, las corrientes del océano cambiaron, todos estos factores van dejando tierras áridas y desérticas especialmente en una franja de 30° de latitud alrededor de todo el

mundo. Durante este tiempo las Cactáceas en forma similar a los suculentos metabolismos africanos de CAM/C₄, células que almacenan agua, reducción de hojas y transferencia de la fotosíntesis a vapor y una disminución de la superficie de área, etc. Pero con unas cuantas adaptaciones como las areolas. Estos se expandieron en un creciente territorio árido, evolucionando en nuevas especies.

El aislamiento por ejemplo de la península de Baja California (la cual fue una extensión de masa de Tierra separada) y sus islas fuera o lejos de la playa llevó a las nuevas especies y variedades a evolucionar en su propio mundo.

1.3.2.2. UNA TEORÍA – MAIHUENIA

Algunos consideran que el género *Maihuenia* (De la subfamilia de las Pereskia) son de los cactus más primitivos o al menos las cosas vivientes más cercanas a sus antecesores que hoy siguen viviendo y creciendo. Hay similitud entre *Maihuenia* y *Portulaca*, también una gran cantidad de rasgos de la *Maihuenia* son de la primitiva familia de las Cactáceas. Las tres subfamilias que hoy evolucionaron en algo similar a *Maihuenia*.

Las chollas suculentas (o crasas) Suramericanas (*Austrocylindropuntia* y *Maihueniopsis*) podrían parecer cercanas a las primitivas Opuntioides.

No hay distinción en forma de la *Maihuenia* solo la adición de las glóquidas y areolas establecidas en la tribu *Opuntia* y que no están establecidas en *Maihuenia*. El

cactus *Copiapoa* es probablemente la especie más primitiva. Tiene las más primitivas semillas, así como otros rasgos primitivos.

1.3.2.3. OTRA TEORÍA - *PERESKIA*

El género *Pereskia* es usualmente considerado el más primitivo debido a la ausencia de succulencia y la presencia de eslabones de espinas en plantas ordinarias, pero con la adición de areolas y eslabones de espinas en las Cactáceas. De esta forma los primeros cactus fueron plantas con una gran respuesta a las condiciones del ambiente volviéndose después en barriles de Cereoides trepadoras o opuntias.

Conjeturando se puede comentar, la primer planta de Cactus podría haber evolucionado en un duro medio ambiente, adaptándose para sobrevivir a las secas estaciones, no en los confortables hábitat (Bosque con abundantes lluvias) que el género *Pereskia* prefiere.

Pereskia pudo haber surgido en las primeras evoluciones de la familia de los cactus, eligiendo los climas más fáciles (húmedos) para vivir y convertirse en planta con muchas hojas.

1.3.2.4. EL MISTERIO DE *RHIPSALIS* “OTRO ESCENARIO”

Rhipsalis es el único género encontrado fuera de América; otros ejemplos como *Opuntia* ha sido artificialmente introducida por el hombre en África, el Mediterráneo,

Australia, etc. Justamente en tiempos modernos. *Rhipsalis* crece en el continente africano (en un área de 3500 km a través de los trópicos) también como Madagascar, Sechelles y Sri Lanka, además de las islas vecinas. Esta no fue introducida ahí por el hombre hasta que algunos de los antiguos africanos viajaron a América y de regreso a África la llevaron, o pudo haber sido a la inversa algunos viejos americanos viajaron a África y tuvieron problemas al traer algunos cactus oscuros que crecen en los árboles, que no tenían ninguna flor bonita o algún uso etnobotánico y no se molestaron en recordarlos en su historia.

La distancia entre América y África nos indica que es improbable que fueran llevadas ahí por aves migratorias que viajan de Norte a Sur de acuerdo a las estaciones del año y que nunca viajan en dirección de Este-Oeste; también pudo haber sido que fueran introducidos de América a África en balsas que flotaban en las corrientes del océano.

La otra posibilidad es que los cactus hayan evolucionado hasta un escenario de *Rhipsalis* antes del resquebrajamiento de Gondwana y los *Rhipsalis* que fueron dejados en África no evolucionaron a más, mientras sus primos llevados a la masa de Tierra en Suramérica evolucionaron, en una respuesta a las condiciones climáticas, así que el género *Rhipsalis* es el más antiguo de todos los cactus.

El escenario puesto más allá por Phil Maxwell es que *Pereskia* en el oeste de Gondwana (área del futuro Suramérica) de la familia de las Portulacaceae, *Opuntia* evolucionó de una rama (o pudo haber sido separada en una evolución independiente de

cactus). En un primitivo escenario, *Pereskia* evoluciona en una epífita – *Rhipsalis*- con CAM y no tiene hojas que se extiendan rápidamente a través del oeste de Gondwana, después la población americana y africana llega a estar genéticamente aislados debido a los movimientos de placas del océano y empieza la divergencia. También otra rama que evolucionó y que difiere de la primitiva *Pereskia* es la Hylocereeae ej. *Hylocereus*, *Epiphyllum* y *Selenicereus* acorde a Phil.

1.3.3. DISTRIBUCIÓN EN EL CONTINENTE AMERICANO

Con menos de dos mil especies (1500 especies, Barthlott y Hunt, 1993) la familia Cactaceae se diversifica en los principales ambientes naturales de América, desde las regiones tropicales y subtropicales (selvas altas perennifolias: *Rhipsalis* y *Selenicereus*, o selvas medianas o bajas caducifolias: *Acanthocereus* o *Neobuxbaumia*), regiones templadas o frías (bosques de coníferas: *Heliocereus* o *Mammillaria*) o en bosques boreales en Canadá y en las estepas patagónicas de Argentina, pero la mayoría se distribuye en las Regiones Áridas y Semiáridas.

Las cactáceas constituyen un grupo de plantas cuyo centro de origen es en el Continente Americano, están distribuidas desde el litoral hasta 4000 metros de altura, así por ejemplo encontramos estas especies en el Norte de las provincias de Columbia Británica (*Opuntia* y *Coryphantha*) y Alberta en Canadá (*Opuntia fragilis*), mientras que otras especies de los géneros *Austrocactus* y *Terocactus* y *Opuntia* habitan en la Patagonia, en Sudamérica.

De igual manera podemos encontrar en las islas Galápagos y las Antillas (Backerg, 1966), asimismo en otras regiones del planeta como Australia o África. Se cree que estas plantas no son originarias de esos lugares, sino que fueron llevadas por el hombre o por corrientes marinas, en donde prosperaron con el tiempo.

En el Sur de Argentina encontraremos los géneros *Gymnocalycium* y *Austrocactus*. Las zonas más ricas son el Suroeste de los Estados Unidos y México, con los géneros *Mammillaria*, *Echinocereus* o *Cereus*.

Brasil es muy rica en plantas extrañas o exóticas, como los géneros *Melocactus*, *Discocactus*, *Uebelmannia*, o *Pilosocereus* (parecida al *Cereus*), pero esta tiene la epidermis cubierta de polvo blanco ceroso. Hay otras cactáceas de carácter insular. En la isla Saint-Michael, al Norte de Brasil, podemos observar a *Opuntia galapageia* y en las islas Galápagos encontramos a *Cereus insularis* entre las tortugas e iguanas.

Nuevos datos establecen por experimentación de secuencia de genes que se evaluaron modelos y el soporte fuerte de que las Portulacineae son un taxón monofilético que incluye a la familia Cactaceae.

1.3.4. DESCRIPCIÓN DE LAS SUBFAMILIAS DE CACTACEAE

Todas las clasificaciones recientes de la familia Cactaceae han reconocido tres clases mayores, comúnmente clasificadas como subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae. Cada subfamilia se distingue por criterios estructurales, para

lo cual son discontinuidades relativamente claras entre estas tres clases. La subfamilia Pereskioideae ha sido esencialmente definida con un interés mancomunado actual de los cactus con sus características vegetativas y reproductivas primitivas. Esta subfamilia no tiene ningún synapomorfismo estructural conocido. Dos géneros han sido asignados a ésta subfamilia: *Pereskia* (16 spp) y la Patagonia *Maihuenia* (2 spp). Los arbustos y árboles latifoliados de *Pereskia* de hojas pequeñas, se encuentran agrupadas con plantas de *Maihuenia*, la cual tiene diferencias en su morfología vegetativa y anatomía externa. Sin embargo, las dividen características sinapomórficas. La morfología vegetativa de *Maihuenia* presenta formas de bajo crecimiento dentro de Opuntioideae. De hecho, las especies de *Maihuenia* fueron descritas originalmente como especie de *Opuntia*.

La subfamilia Opuntioideae es considerado el grupo taxonómico más aislado entre las cactáceas y la mayoría de las especies que aquí se agrupan. Es la más fácilmente definida por sus estructuras sinapomórficas tales como: (1) las aréolas tienen glóquidas, las espinas son cortas y las hojas son finas y deciduas y se desprenden fácilmente; (2) en un corte del se aprecian drusas grandes, es decir, un cristal agregado del oxalato del calcio (Bailey 1961 Gibson y Nobel 1986); (3) los granos del polen son poliporados y poseen características microscópicas peculiares (Leuenberger, 1976); (4) la semilla es rodeada por un arilo; y (5) traqueidas que ocurren en el xilema secundario (traqueidas de bandas anchas), Gibson y Nobel 1986. Otras características que distinguían se podían enumerar pero no son los sinapomórficos verdaderos, es decir, estratos derivados del carácter dentro de mi familia. La subfamilia Cactoideae es menos delimitada fácilmente por los sinapomórficos. De hecho, probablemente solo una forma general se aplica a todos los géneros: el vástago del árbol es suculento y posee hojas a

menudo microscópicas. Esto pone en contraste con Opuntioideae, en el cual la hoja es generalmente pequeña, suculenta. Los vástagos de las costillas de Cactoideae se arreglan en una serie vertical.

1.3.4.1. SUBFAMILIA PERESKIOIDEAE

Predominantemente en el Sur de América, México, las plantas de *Pereskia* son usualmente arbustivas, árboles bajos con hojas.

Pereskioideae puede ser una línea evolutiva independiente de otros cactus y no han tenido éxito como las otras dos subfamilias en términos de especialización y distribución.

1.3.4.2. SUBFAMILIA OPUNTIOIDEAE

Esta subfamilia (300 especies) tiene pequeñas cerdas llamadas glóquidas las cuales son únicas para opuntioides. Esta es la más ampliamente distribuida de costa a costa y de Canadá a América del Sur meridional. Con la ayuda del ser humano el mediterráneo, África y Australia presentan especies de este tipo de plantas donde las consideran como parásitas.

Económicamente importantes por su tuna para el consumo humano, o como hospedero del insecto rojo llamado grana cochinilla del tinte en lugares como Sicilia, Egipto y para México y América del Sur.

1.3.4.3. SUBFAMILIA CACTOIDEAE

La mayoría de los coleccionistas aficionados tienen más de un 95% de cactus cultivados que pertenecen a esta subfamilia y tienen de 1000 o 2000 especies de todas las formas. Posiblemente hay independientes ocho o diez tribus dentro de esta subfamilia.

Cuatro tribus evolucionaron en Norteamérica (Cactaceae, Pachycereeae, Echinocereae y Hylocereeae) y sus paralelos en América del Sur (Notocactaeae, Trichocereae, Browningieae, Cereeae y Rhipsalideae).

Los cactus barril, columnares y epífitos evolucionaron tanto en América del Norte como en el Sur después de haberse separado del punto de origen, entonces cuando el puente de América del Sur desapareció por un tiempo.

1.3.5. DATOS ACERCA DE LA ECOLOGÍA DE LAS CACTÁCEAS Y DE SU DISTRIBUCIÓN EN LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DE MÉXICO

1.3.5.1. CONSIDERACIONES ACERCA DEL ORIGEN DE LAS CACTÁCEAS

La flora de México ha sido considerada como una de las más ricas y variadas del mundo; a ello ha contribuido su situación geográfica, lo accidentado de su fisiografía y sus climas variados así como también las intensas migraciones recibidas tanto de Norteamérica como fue América del Sur y su notable grado de endemismo. En relación con las migraciones hay que señalar que los elementos meridionales, centro y sudamericanos están ampliamente representados en su flora tropical, y que los septentrionales se encuentran distribuidos en las regiones templadas y frías. Por lo que respecta al endemismo, éste indica que México ha sido centro de diferenciación de géneros y especies, siendo manatí picos gran cantidad de ellos.

Elementos fundamentales de esta flora son los xerófilos que pueblan las extensas regiones áridas y subáridas cuyos antecesores, según algunos autores, fueron plantas mesófilas que a fines del terciario habitaban regiones con clima subtropical más o menos cálido y húmedo y que adquirieron gradualmente sus características xerófilas al ir disminuyendo la humedad a medida que los desiertos se formaban. Según algunos botánicos (Gray, 1880), la región septentrional de la república y el suroeste de Estados Unidos, fueron centro de una flora mesófila donde diversos taxa evolucionaron y se dispersaron hacia el Norte y hacia el Sur. Schumann (1899) emitió la hipótesis de que las cactáceas tuvieron origen en esa región, dada la gran cantidad de especies que allí

habitan. La flora de las regiones áridas de México no sólo posee gran proporción de endemismo, sino que ha recibido migraciones de plantas xerófilas del sur del continente, cuyo paso a través del trópico húmedo no ha sido aún satisfactoriamente explicado. Bray (1898) postuló la existencia de una probable cadena montañosa, cuyas laderas occidentales, áridas, permitirían dicho tránsito.

Componentes muy importantes y numerosos de la flora xerófila mexicana son los que integran la familia Cactaceae apenas superados en cantidad por Leguminosae, Asteraceae y Poaceae.

Las cactáceas son nativas del Continente Americano en el que actualmente se encuentran distribuidas desde Canadá, a una latitud de 56° N, hasta el Estrecho de Magallanes en América del Sur. La única especie que crece introducida en las selvas húmedas de África, Madagascar y Ceylán es *Rhipsalis baccifera*. Algunas especies de *Opuntia* se encuentran naturalizadas actualmente en la cuenca del Mediterráneo y del Mar Rojo, así como en los desiertos de Australia, a donde fueron llevadas después del descubrimiento de América.

La causa de este endemismo puede explicarse teniendo en cuenta que la historia de estas plantas es relativamente reciente; evolucionaron (Buxbaum 1969), ya como cactáceas, a partir de sus posibles antecesores africanos después de que el Continente Americano quedó separado de África por el Océano Atlántico, por lo que no hubo oportunidad para su dispersión, establecimiento y evolución en otros continentes.

Como no se han encontrado hasta la fecha cactáceas fósiles; no se sabe en qué época se originaron y diferenciaron. En Utah, en depósitos del Eoceno, se encontró una forma opuntioidea que algunos botánicos consideraron como un fósil de cactácea al que llamaron *Euopuntia douglasii*. Consideraciones posteriores han desechado tal apreciación.

González Quintero (1974) ha encontrado entre los numerosos restos vegetales existentes en arcillas carbonosas del pleistoceno superior de la región de Tlapacoya cercana a Texcoco, perteneciente a la cuenca del Valle de México, granos de polen y semillas de *Opuntia* que pueden considerarse como subfósiles. Asimismo también en cuevas cercanas a Tehuacán el mismo autor encontró ejemplares de cactáceas parcialmente mineralizados, bastante bien conservados que corresponden a los mismos géneros de cactáceas que habitan actualmente esa región.

En la actualidad se supone que las formas ancestrales de las cactáceas fueron plantas foliadas extinguidas que vivieron en territorios emergidos del Caribe. Tal hipótesis se deduce de la distribución actual de las especies que presentan hojas, consideradas como primitivas, tales como *Pereskia*, cuyo origen filogenético se encuentra entre las antiguas dicotiledóneas del orden Centrospermae, según la opinión emitida desde hace tiempo por algunos botánicos (Wettstein, 1944). Esta opinión ha sido confirmada en la actualidad por las investigaciones de Buxbaum (1950), Boke (1963) y Engelman (1960), realizadas en las flores y semillas de las cactáceas y que han permitido establecer las afinidades de estas plantas con las de la familia Phytolaccaceae. Buxbaum (*op. cit.*) dio a conocer recientemente la hipótesis de que en torno del

subgénero *Pircuniopsis* del género *Phytolacca* de las fitolacáceas, distribuido en el este de Asia y en África, pudiesen encontrarse los antecesores de la subfamilia *Pereskioideae* que evolucionaron en América, ya como cactáceas, después de la separación de este continente del africano.

Se ha comprobado que la flor de *Pereskia sacharosa*, a la que se considera como una de las más primitivas de las cactáceas por tener ovario súpero, es morfológicamente similar a las flores de las especies americanas del género *Phytolacca*, y es además notable la singular semejanza de las semillas de esta cactácea, con las de *Phytolacca americana*.

De las formas ancestrales primitivas del Caribe se originaron las primeras opuntioideas y cereoideas que emigraron hacia el Norte y hacia el Sur a lo largo del continente, regiones en que la mayoría se diferenció en géneros que alcanzaron un endemismo muy notable.

Este endemismo puede explicarse por el aislamiento geográfico a que dio lugar la formación del Istmo de Panamá. La diferenciación de las especies está ligada a la diversidad de medios a los que tuvieron que adaptarse durante su dispersión en el transcurso del tiempo, pues el pasado geológico indica, como dice Tamayo (1949), que ha habido, en el transcurso del Terciario y el Cuaternario, trascendentales modificaciones fisiográficas y de clima que afectaron grandemente la flora y la fauna, pereciendo las especies que no se pudieron adaptar, evolucionar o emigrar.

Durante esos procesos, que aún continúan afectando imperceptiblemente a las especies, muchos troncos filogenéticos se extinguieron sin dejar fósiles, y de ahí nuestra incapacidad para establecer las relaciones de parentesco entre las diversas entidades taxonómicas y comprender su peculiar distribución en el continente. Las cactáceas, por lo tanto, han estado sujetas, como los demás organismos, a la influencia de los cambios ambientales que no sólo han repercutido en su evolución modificando su anatomía, fisiología y composición química sino que al mismo tiempo han intervenido en su dispersión, migración, endemismo, y en general en su distribución geográfica y ecológica.

Durante De acuerdo con la hipótesis de Buxbaum (1969), los géneros mexicanos, muy numerosos, comprendidos taxonómicamente en las subfamilias *Pereskioideae*, *Opuntioideae* y *Cereoideae*, tuvieron su origen, como las demás cactáceas, en las formas ancestrales del Caribe que emigraron hacia el Noroeste, diferenciándose durante su trayecto en los géneros actuales que crecen en la mayoría de los tipos de la vegetación de México (ver Figura 12).

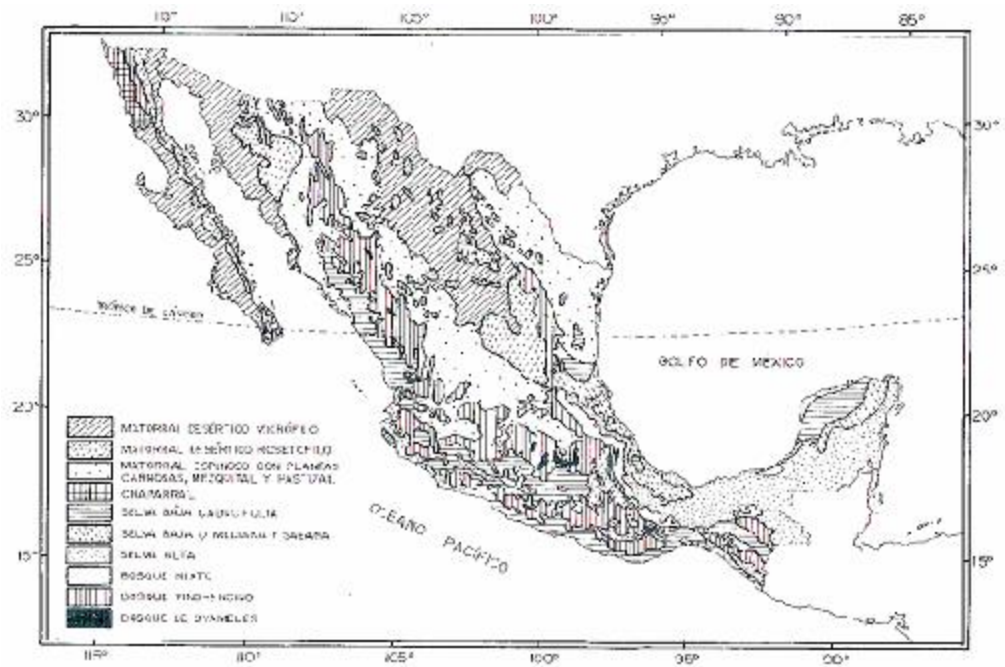


Figura 12. Representación de los tipos de vegetación en México (Bravo, 1978).

La subfamilia *Pereskioideae* que incluye, como se ha dicho, las especies primitivas que habitaron especialmente en el área del Caribe, esta representada en nuestro país por *Pereskia lychnidiflora* que forma parte de la selva tropical caducifolia del Istmo de Tehuantepec.

Los géneros de la subfamilia *Opuntioideae* son más bien escasos, pero algunos de ellos están representados, como *Opuntia*, por numerosas especies. Se supone que derivaron de formas pereskioideas, ya que algunos como *Pereskiopsis* y *Quiabentia*, poseen hojas más o menos desarrolladas. Los géneros actuales son en su mayoría boreales o australes, sólo *Opuntia* se halla presente en todo el continente, aunque las especies y los subgéneros que comprenden son en gran parte endémicos de América del Norte o de América del Sur.

La subfamilia *Cereoideae* incluye gran cantidad de géneros distribuidos en toda América, con hábitos muy variados. Sus géneros primitivos, como *Leptocereus*, que se encuentran también en el área del Caribe, están relacionados filogenéticamente con los opuntias, teniendo en cuenta las características de la flor. Las formas ancestrales de esta subfamilia emigraron hacia el Norte y hacia el Sur, acomodándose durante dicho éxodo a condiciones ecológicas diversas, alcanzando un gran endemismo. Esta subfamilia está representada en México por cinco tribus: *Hylocereae*, *Pachycereae*, *Echinocereae*, *Notocacteae* y *Echinocacteae*.

La tribu *Hylocereae* se diferenció en el área del caribe en uno o en varios géneros, la mayoría de los cuales llegaron hasta México en donde actualmente viven en

distintos hábitats, pero especialmente como epifitas.

La tribu *Pachycereae*, cuyos antecesores extinguidos estuvieron posiblemente relacionados con los de *Leptocereus*, emigraron hacia el norte diferenciándose en varios géneros endémicos de hábito arbóreo, que hoy viven en las selvas caducifolias y subcaducifolias. El género *Pterocereus*, cuyos representantes crecen en un área limitada de Chiapas, Yucatán y Guatemala, es considerado como el más antiguo de la tribu *Pachycereae* y como un posible relicto en vías de desaparecer. Los géneros de esta tribu, con representantes en el Istmo de Tehuantepec según esta hipótesis, siguieron, durante su dispersión hacia el norte, dos vías migratorias, según se deduce de su distribución actual una por la costa del Pacífico llegando hasta el sur de California y Arizona, y otra por el centro continuando por la cuenca del río Tehuantepec y la Sierra de las Mixtecas hasta las regiones de Petlalcingo y Tehuacán pertenecientes a las cuencas del Balsas y del Papaloapan respectivamente. Los de la cuenca del Balsas arribaron hasta la costa del Pacífico, y los de la cuenca del Papaloapan siguieron por la zona subárida de Veracruz hasta el sur de Tamaulipas. Sólo los géneros *Stenocereus* y *Cephalocereus*, ampliamente distribuidos en México, tienen representantes en las Antillas y en el norte de América del Sur.

La tribu *Echinocereae* comprende dos géneros de los cuales *Bergerocactus* es endémico de nuestro país; el segundo *Echinocereus*, comprende gran cantidad de especies unas que crecen en México, y otras que se extienden por el oeste de los EUA hasta los Estados de Utah, Colorado y Wyoming; son pequeñas; en su mayoría, están distribuidas en nuestras regiones áridas, en donde vegetan a la sombra de los arbustos leñosos o en

algunos bosques de coníferas.

La tribu *Notocacteeae* la integran géneros exclusivamente sudamericanos, con excepción de dos: *Astrophytum* y *Melocactus*. El primero es mexicano y estuvo incluido, hasta hace poco, en la tribu *Echinocacteeae*, de donde fue transferido por Buxbaum (1951) a la tribu *Notocacteeae* porque sus flores y semillas, muy singulares, son extraordinariamente parecidas a las del género *Frailea* que crece en Colombia, así como en Brasil y Uruguay. Este es un caso entre las cactáceas de distribución a larga distancia que puede explicarse según la hipótesis de Bray a la que antes hemos hecho referencia. El género *Melocactus*, que comprende plantas más o menos halófilas, agrupa numerosas especies distribuidas en gran parte en las costas atlánticas sudamericanas y de las Antillas. Algunas especies llegaron a México, penetrando por Chiapas, en donde hay representantes en el Istmo de Tehuantepec, tomaron caminos divergentes, uno hacia la costa de Veracruz, en el Golfo de México y otro hacia la del Pacífico, llegando hasta Jalisco.

La tribu *Echinocacteeae* es exclusiva de América del Norte en donde posiblemente se diferenció, según Berger (1926), a partir de antecesores derivados de la tribu *Pachycereae*. En México existen numerosos géneros endémicos como: *Ariocarpus*, *Aztekium*, *Echinocactus*, *Epithelantha*, *Strombocactus* y *Thelocactus*. El género *Echinocactus*, que es posiblemente el más antiguo de la tribu, dio origen a distintas líneas evolutivas (Buxbaum, 1951), en una de las cuales se encuentra el género *Mammillaria*, considerado de evolución más reciente, cuyas especies, muy numerosas, están ampliamente diseminadas en casi todo el país. Pocas son las que crecen en el sur

de los Estados Unidos, las Antillas, Colombia y Venezuela.

Como las investigaciones hechas hasta la fecha no permiten seguir, en buen número de casos, la historia de las líneas evolutivas y migratorias de las diversas entidades hasta sus hábitats actuales, nos concretaremos en este capítulo a presentar el resultado actual de la distribución de las cactáceas en los principales tipos de vegetación de las diversas zonas climáticas de México.

1.3.6. CLASIFICACIÓN DE LA FAMILIA CACTACEAE DENTRO DEL SUBORDEN PORTULACINEAE

La relación filogenética de la familia dentro de las Caryophyllales ha sido mucho más difícil de determinar. Las investigaciones se han interesado en determinar a que familias con contenido de betalinas, las cactáceas están filogenéticamente más estrechamente relacionadas. La comparación tradicional y la evidencia de desarrollo favorecieron a la familia Aizoaceae o Phytolacaceae enfatizando en el carácter floral. Análisis recientes reivindican que la familia Cactaceae tuvo su ancestro más reciente con Portulacaceae, dentro del suborden, al inicio llamado, Portulacineae, el cual incluye Cactaceae, Portulacaceae, Didiereaceae y Bacellaceae. Los experimentos de nuevos datos de secuencia de genes evaluados por medio de modelos proporcionan un soporte robusto de que la familia portulacineae es un taxón monofilético que incluye a las cactáceas. Cactaceae y ciertas portulacaceae son familias hermanas.

Se ha comprobado que la flor de *Pereskia sacharosa*, a la que se considera como

una de las más primitivas de las cactáceas por tener ovario súpero, es morfológicamente similar a las flores de las especies americanas del género *Phytolacca*, y es además notable la singular semejanza de las semillas de esta cactácea, con las de *Phytolacca americana*.

De dichas formas ancestrales primitivas del Caribe se originaron las primeras opuntioideas y cereoideas que emigraron hacia el Norte y hacia el Sur a lo largo del continente, regiones en que la mayoría se diferenciaron en géneros que alcanzaron un endemismo muy notable.

Este endemismo puede explicarse por el aislamiento geográfico a que dio lugar la formación del Istmo de Panamá. La diferenciación de las especies está ligada a la diversidad de medios a los que tuvieron que adaptarse durante su dispersión en el transcurso del tiempo, pues el pasado geológico indica, como dice Tamayo (1949), que ha habido, en el transcurso del Terciario y el Cuaternario, trascendentales modificaciones fisiográficas y de clima que afectaron grandemente la flora y la fauna, pereciendo las especies que no se pudieron adaptar, evolucionar o emigrar.

Durante esos procesos, que aún continúan afectando imperceptiblemente a las especies, muchos troncos filogenéticos se extinguieron sin dejar fósiles, y de ahí nuestra incapacidad para establecer las relaciones de parentesco entre las diversas entidades taxonómicas y comprender su peculiar distribución en el continente. Las cactáceas, por lo tanto, han estado sujetas, como los demás organismos, a la influencia de los cambios ambientales que no sólo han repercutido en su evolución modificando su anatomía,

fisiología y composición química sino que al mismo tiempo han intervenido en su dispersión, migración, endemismo, y en general en su distribución geográfica y ecológica.

De acuerdo con la hipótesis de Buxbaum (1969), los géneros mexicanos, muy numerosos, comprendidos taxonómicamente en las subfamilias *Pereskioideae*, *Opuntioideae* y *Cereoideae*, tuvieron su origen, como las demás cactáceas, en las formas ancestrales del Caribe que emigraron hacia el Noroeste, diferenciándose durante su trayecto en los géneros actuales que crecen en la mayoría de los tipos de la vegetación de México.

La subfamilia *Pereskioideae* que incluye, como se ha dicho, las especies primitivas que habitaron especialmente en el área del Caribe, esta representada en nuestro país por *Pereskia lychnidiflora* que forma parte de la selva tropical caducifolia del Istmo de Tehuantepec.

Los géneros de la subfamilia *Opuntioideae* son más bien escasos, pero algunos de ellos están representados, como *Opuntia*, por numerosas especies. Se supone que derivaron de formas pereskioideas, ya que algunos como *Pereskiopsis* y *Quiabentia*, poseen hojas más o menos desarrolladas. Los géneros actuales son en su mayoría boreales o australes, sólo *Opuntia* se halla presente en todo el continente, aunque las especies y los subgéneros que comprenden son en gran parte endémicos de América del Norte o de América del Sur.

La subfamilia *Cereoideae* incluye gran cantidad de géneros distribuidos en toda América, con hábitos muy variados. Sus géneros primitivos, como *Leptocereus*, que se encuentran también en el área del Caribe, están relacionados filogenéticamente con los opuntias, teniendo en cuenta las características de la flor. Las formas ancestrales de esta subfamilia emigraron hacia el Norte y hacia el Sur, acomodándose durante dicho éxodo a condiciones ecológicas diversas, alcanzando un gran endemismo. Esta subfamilia está representada en México por cinco tribus: *Hylocereae*, *Pachycereae*, *Echinocereae*, *Notocacteae* y *Echinocacteae*.

La tribu *Hylocereae* se diferenció en el área del caribe en uno o en varios géneros, la mayoría de los cuales llegaron hasta México en donde actualmente viven en distintos hábitats, pero especialmente como epifitas.

La tribu *Pachycereae*, cuyos antecesores extinguidos estuvieron posiblemente relacionados con los de *Leptocereus*, emigraron hacia el norte diferenciándose en varios géneros endémicos de hábito arbóreo, que hoy viven en las selvas caducifolias y subcaducifolias. El género *Pterocereus*, cuyos representantes crecen en un área limitada de Chiapas, Yucatán y Guatemala, es considerado como el más antiguo de la tribu *Pachycereae* y como un posible relictos en vías de desaparecer. Los géneros de esta tribu, con representantes en el Istmo de Tehuantepec según esta hipótesis, siguieron, durante su dispersión hacia el norte, dos vías migratorias, según se deduce de su distribución actual una por la costa del Pacífico llegando hasta el sur de California y Arizona, y otra por el centro continuando por la cuenca del río Tehuantepec y la Sierra de las Mixtecas hasta las regiones de Petlalcingo y Tehuacán pertenecientes a las cuencas del Balsas y

del Papaloapan respectivamente. Los de la cuenca del Balsas arribaron hasta la costa del Pacífico, y los de la cuenca del Papaloapan siguieron por la zona subárida de Veracruz hasta el sur de Tamaulipas. Sólo los géneros *Stenocereus* y *Cephalocereus*, ampliamente distribuidos en México, tienen representantes en las Antillas y en el norte de América del Sur.

La tribu *Echinocereeae* comprende dos géneros de los cuales *Bergerocactus* es endémico de nuestro país; el segundo *Echinocereus*, comprende gran cantidad de especies unas que crecen en México, y otras que se extienden por el oeste de los EUA hasta los Estados de Utah, Colorado y Wyoming; son pequeñas; en su mayoría, están distribuidas en nuestras regiones áridas, en donde vegetan a la sombra de los arbustos leñosos o en algunos bosques de coníferas.

La tribu *Notocacteeae* la integran géneros exclusivamente sudamericanos, con excepción de dos: *Astrophytum* y *Melocactus*. El primero es mexicano y estuvo incluido, hasta hace poco, en la tribu *Echinocacteeae*, de donde fue transferido por Buxbaum (1951) a la tribu *Notocacteeae* porque sus flores y semillas, muy singulares, son extraordinariamente parecidas a las del género *Frailea* que crece en Colombia, así como en Brasil y Uruguay. Este es un caso entre las cactáceas de distribución a larga distancia que puede explicarse según la hipótesis de Bray a la que antes hemos hecho referencia. El género *Melocactus*, que comprende plantas más o menos halófilas, agrupa numerosas especies distribuidas en gran parte en las costas atlánticas sudamericanas y de las Antillas. Algunas especies llegaron a México, penetrando por Chiapas, en donde hay representantes en el Istmo de Tehuantepec, tomaron caminos divergentes, uno hacia la

costa de Veracruz, en el Golfo de México y otro hacia la del Pacífico, llegando hasta Jalisco.

La tribu *Echinocactaeae* es exclusiva de América del Norte en donde posiblemente se diferenció, según Berger (1926), a partir de antecesores derivados de la tribu *Pachycereae*. En México existen numerosos géneros endémicos como: *Ariocarpus*, *Aztekium*, *Echinocactus*, *Epithelantha*, *Strombocactus* y *Thelocactus*. El género *Echinocactus*, que es posiblemente el más antiguo de la tribu, dio origen a distintas líneas evolutivas (Buxbaum, 1951), en una de las cuales se encuentra el género *Mammillaria*, considerado de evolución más reciente, cuyas especies, muy numerosas, están ampliamente diseminadas en casi todo el país. Pocas son las que crecen en el sur de los Estados Unidos, las Antillas, Colombia y Venezuela.

Como las investigaciones hechas hasta la fecha no permiten seguir, en buen número de casos, la historia de las líneas evolutivas y migratorias de las diversas entidades hasta sus hábitats actuales, nos concretaremos en este capítulo a presentar el resultado actual de la distribución de las cactáceas en los principales tipos de vegetación de las diversas zonas climáticas de México.

1.3.7. DISTRIBUCIÓN DE LAS CACTÁCEAS EN LOS PRINCIPALES TIPOS DE VEGETACIÓN DE MÉXICO

La flora de México, por la diversidad de la fisiografía, clima y suelos del país, es una de las más ricas y variadas del continente.

Existen en nuestro territorio, según Miranda y Hernández X. (1963), 34 tipos de vegetación aunque Gómez-Pompa (1965), teniendo en cuenta sus características climáticas, agrupa en: A, tipos de vegetación en zonas con clima, árido y semiárido; B, tipos de vegetación en zonas con clima cálido y subcálido; C, tipos de vegetación en zonas con clima templado y frío y D, algunos especiales.

Las cactáceas están representadas en los distintos tipos de vegetación indicados a cuya ecología se fueron adaptando en el transcurso del tiempo adquiriendo formas y hábitats diversos; pero es en los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas donde están distribuidos el mayor número de géneros y especies.

1.4. ANTECEDENTES SOBRE LAS CACTÁCEAS

1.4.1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Mourelle y Ezcurra (1992), analizaron los patrones de distribución geográfica de las principales formas de crecimiento de las especies de cactus de Argentina. Asimismo, se describieron los patrones de riqueza de especies para 50 cactus columnares, 109 cactus globosos y 50 cactus opuntioides en 318 cuadros de un grado por un grado. Examinaron también, la riqueza biológica por regresión de 15 hipótesis de descripciones ambientales contra la riqueza de especies en cada grupo.

Hernández y Bárcenas (1995) integraron las distribuciones geográficas de 93 especies de cactáceas amenazadas de la región del Desierto Chihuahuense. Esta región se subdividió en cuadros de 30 minutos de latitud por 30 minutos de longitud y calcularon las frecuencias de especies para cada uno de los cuadros. Determinándose que los cuadros con los mayores valores de riqueza de especies están agregados en áreas de altitud moderada, ubicados principalmente hacia los márgenes sureste, y en menor medida, este de la Región del Desierto Chihuahuense, en el norte de San Luis Potosí, y en el sur de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Constituyéndose ésta región como el núcleo de concentración de cactáceas amenazadas más importante del continente.

La concentración de las áreas de distribución de la mayoría de las especies de cactáceas en la Región del Desierto Chihuahuense fue estimada hacia sus porciones sureste y este, considerándose que un fenómeno fitogeográfico notable es la

predominancia de endemismos restringidos. También se evaluaron 37 áreas ricas en especies para la misma región, a través del uso de tres criterios: riqueza de especies, valores de conservación y complementariedad. La cuantificación de estos parámetros permitió establecer que siete de estas áreas son prioritarias, debido a que, en términos del número de especies y de su rareza, éstas albergan la colección más significativa de especies (Hernández y Bárcenas 1996). Se ha determinado con un alto grado de precisión que el segmento sur y sureste del Desierto Chihuahuense (el área de confluencia entre el norte de San Luis Potosí y el sur de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) es donde se encuentra la mayor diversidad de especies en general, incluyendo el conjunto más numeroso de especies amenazadas (Hernández 1997).

En otro estudio se analizó la distribución de tres cactus: *Opuntia echinocarpa*, *O. ramosissima* y *O. acanthocarpa* en el Desierto de Mojave, realizando un examen de la distribución espacial de las tres chollas. Determinándose que las tres especies se distribuyen en condiciones de topografía y suelo diferente (Cody 1993).

1.4.2. VEGETACIÓN

Nuevo León presenta una gran diversidad de condiciones ecológicas, basta observar grosso modo las características orográficas, hidrográficas, climatológicas y biogeográficas (Marroquín, 1959), mismas que conducen a la formación de diferentes tipos de vegetación.

El equilibrio en la naturaleza que es objeto de estudio de la ecología, ha sido

alterado por las diferentes actividades que el hombre lleva a cabo en su afán de mejorar su economía y entorno ambiental en pro de una mejoría de su nivel de vida. Debido a lo anterior se han realizado observaciones encaminadas a resolver los problemas de ensalitramiento en las áreas de cultivo o de vegetación natural. Nuevo León no escapa a ello. Marroquín (op. cit.) realizó observaciones ecológicas comparativas de la vegetación de tres áreas salinas de nuevo León, colectando en ellas una gran cantidad de elementos vegetales, no se excluye que se dejen de citar algunas especies inconspicuas que ocasionalmente se encuentren en esas áreas. El mismo autor describe para estas áreas 10 especies de cactáceas.

Rojas (1965) realizó un estudio general de la vegetación del Estado de Nuevo León. Con ello, presenta una lista de plantas arregladas según el orden sistemático de Engler y Diels (in Lawrence, 1951), incorporando a 148 familias, 657 géneros y 1484 especies. Registra para la familia Cactaceae 26 géneros y 85 especies. Agrupó los tipos de vegetación de acuerdo a las provincias fisiográficas: vegetación de la Planicie Costera, vegetación del altiplano y vegetación de la Sierra Madre; determinando así, 20 tipos de vegetación.

Maldonado *et al.* (1973) determinaron para el estado de Nuevo León 24 tipos de vegetación y 86 diferentes sitios de productividad forrajera, presentando una descripción detallada de los mismos y, comenta sobre los resultados más importantes en la determinación de los coeficientes de agostaderos.

Rzedowski (1978) en su libro sobre Vegetación de México menciona que las

cactáceas encuentran en los matorrales xerófilos su nicho ecológico preferido y están representadas por una gran diversidad de taxa.

1.4.3. FLORÍSTICA

El estado de Nuevo León es notable por sus cactáceas y otras suculentas, algunas endémicas como *Aztekium* sp. y la muy ornamental *Agave victoria-reginae*. El número de cactáceas encontradas para el estado es muy grande, registrándose 24 géneros con 78 especies (Gold, 1969).

Elizondo (1979) reporta para el Municipio de Mina, Nuevo León un listado cactológico que incluye 14 géneros, 42 especies y cuatro variedades; 17 de éstas especies corresponden al género *Opuntia* y representan el 40.4% del total de las especies encontradas.

En el municipio arriba mencionado se han localizado seis tipos de vegetación, de los cuales, en uno o dos, se ha localizado un buen número de especies de cactáceas, sin embargo, esto es muy discutible y no se puede aseverar que su distribución ecológica sea tan restringida, más bien, su abundancia es menor y por lo tanto no se encontraron en todas las áreas colectadas. Sin embargo, en el matorral *crasirosulifolio* espinoso con altitudes de 840 a 1000 msnm con pendientes entre 20 a 40% de inclinación y con pedregosidad y rocosidad generalmente muy abundante, se registró el mayor número de especies (Elizondo, 1979).

Hernández (1981) realizó un estudio sobre las cactáceas de Doctor Arroyo,

donde encontró 47 especies, 8 variedades y una forma pertenecientes a 17 géneros; del total de las especies 5 resultaron ser cultivadas. El género *Opuntia* ocupa el mayor porcentaje con un 27% del total de las especies. También determinó que el mayor número de especies se encontró en el matorral inerme parvifolio y en el matorral crasirosulifolio espinoso y que la diversidad y abundancia está relacionada con la altitud, ya que la mayor cantidad de especies y de individuos fueron colectados entre los 1480 y 1910 msnm, por lo que concluye que conforme aumenta la altitud la diversidad y abundancia de las cactáceas disminuye.

Sauceda (1985) En un estudio para el Municipio de García, Nuevo León, que versa sobre florística, ecología y utilización de cactáceas, localizó 45 especies y 8 variedades pertenecientes a 16 géneros, de éstas, dos son cultivadas. Asimismo determinó que el mayor número de especies se encontró en el matorral mediano subinerme con 33 y en forma decreciente en el matorral crasirosulifolio espinoso 25, matorral inerme parvifolio con 22, matorral alto espinoso con 15, matorral alto subinerme con 9, vegetación halófito con 9 y el matorral esclerófilo con 4. En cuanto a los usos, se encontró que son principalmente el comestible, medicinal y forrajero.

Se proporciona para el municipio de Lampazos notas sobre las afinidades geográficas de la flora y se revisa la vegetación riparia y la influencia del hombre sobre el medio ambiente, con enlistados de las malezas frecuentes. Se registra un listado de 543 especies y 50 variedades de plantas vasculares. Encontrando para la familia Cactaceae 10 géneros con 28 especies y 6 variedades con distribución en todos los tipos de vegetación con excepción de la vegetación riparia (Briones, 1984).

1.4.4. FITODIVERSIDAD

Gómez (1998) realizó un inventario florístico de las cactáceas para la región de Mier y Noriega, ubicándose entre los estados de Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí, registrando un total de 54 especies, por lo que se le consideró a tal región como una zona con alta riqueza de especies de cactáceas. Del total de especies 28 son nuevos registros para el área y 14 para el estado y diecinueve es el total de especies consideradas amenazadas. Además, los datos obtenidos indican que el 29.6% de las especies encontradas son poco frecuentes y poco abundantes. Asimismo se confirma y se rectifican varios “status” de amenaza en la que se encuentran actualmente muchas cactáceas encontradas, dada la frecuencia y abundancia relativa regional y extensión geográfica de las especies estudiadas.

Rodríguez, et. al. (1996) describieron la composición florística y la estructura de dos comunidades de matorral espinoso tamaulipeco, con disturbio y sin él, ambas del Baño de San Ignacio, Municipio de Linares, Nuevo León, México. Presentaron gráficas comparativas a nivel de especies y familia para analizar la estructura de las comunidades. Luego, derivaron tres análisis de la fitodiversidad, comparando sólo las sinusias: arbórea y arbustiva de los tres estratos de la estructura vertical de la comunidad. Para ello, estimaron la fitodiversidad según los cálculos de Shannon (1949), Simpson (1949), Alfa de Fisher et al. (1943), Lambda de Preston (1948), el estadístico de “Q” de Kempton & Taylor (1976), la riqueza específica de Margalef (1958), Menhinick (1964), Wittaker (1960), y las medidas de dominancia de McIntosh (1967), Berger & Parker (1970) y MacNaughton (1967). Además, observaron el ajuste que

presentaron las comunidades a los modelos de distribución de serie geométrica (Motomura, 1932), serie logarítmica (Fisher et al., op. cit.), la lognormal de Preston (op. cit.) y la barra rota de MacArthur (1957). A raíz de los diferentes análisis obtenidos, se encontró una mayor fitodiversidad para la comunidad más compleja y sin disturbio (matorral alto) con ajuste a las distribuciones de serie logarítmica y lognormal, situación que influyó en su equitatividad, resultando menos estable. La comunidad perturbada y menos compleja (matorral bajo) resultó ser menos diversa y más estable, además de identificarse como una comunidad más simple al ajustarse al modelo de serie geométrica. Por último concluyen que las tendencias numéricas que indicaron diferencias en la fitodiversidad de las comunidades estudiadas, fueron debidas al disturbio. Por lo tanto, se manifiesta que la alta diversidad no necesariamente conlleva a una alta estabilidad.

El listado florístico presentado para el sur y centro de Nuevo León y parte adyacente de Coahuila, incluye aproximadamente 1955 especies en 713 géneros y 130 familias. Por lo menos 200 especies, aproximadamente 10 por ciento de la flora total, son endémicas a esta área, principalmente en suelos yesosos y en cimas de montañas de mayor elevación. En el listado se incluye a la familia Cactaceae con 9 géneros en 17 especies y 3 variedades (Hinton and Hinton, 1995).

1.4.5. ÍNDICE DE DIVERSIDAD

Pielou (1975) en su texto sobre Ecological Diversity describe el índice de Simpson como una medida para describir la diversidad de las comunidades. Asimismo

define simplemente a la diversidad como el número de especies presentes.

Magurran (1989) proporciona en su libro una guía sobre la diversidad ecológica y su medición, la cual es explicada a través de índices de diversidad y de modelos. Por lo tanto, menciona que las medidas de diversidad de especies pueden dividirse en tres categorías principales: índices de riqueza de especies, los que se consideran esencialmente como una medida del número de especies en una unidad de muestreo definida; los modelos de abundancia de especies, los cuales describen la distribución de su abundancia; y los índices basados en la abundancia proporcional de especies con los que se pretende resolver la riqueza y la uniformidad en una expresión sencilla.

1.4.6. TÉCNICAS MULTIVARIADAS

La ordenación y clasificación son métodos analíticos para identificar similitud entre entidades (sitios de muestreo, comunidades, etc.). En ecología, el término ordenación abarca una serie de métodos estadísticos que permiten organizar entidades a lo largo de ejes cuantitativos en base a sus atributos, tales como la composición de especies. La ordenación se puede llevar a cabo tanto con datos cuantitativos (abundancia o densidad) como con datos cualitativos (presencia-ausencia). Uno de los resultados importantes de estos análisis es un diagrama, generalmente con dos o tres ejes en donde las entidades que se encuentran cercanas tienen una composición similar (Huschle, *et al.*, 1980).

Escurra *et al.* (1987) establecen una ordenación y clasificación para la

vegetación de El Pinacate, Sonora. Presentan información sobre las características del suelo y topografía las cuales determinan como unidades predictorias de la variación vegetal. Por lo tanto, la distribución y riqueza de las especies estuvo fuertemente relacionada con la altitud. Determinaron 9 tipos de vegetación a través del análisis de componentes principales, los que se encuentran altamente correlacionados con la variación en las características de suelo.

Martínez y Ter Meulen (1991) determinaron mediante análisis de componentes principales la influencia de los factores ambientales sobre el valor nutritivo del matorral vegetal en el Noreste de México. La humedad, la sequía, y los períodos de humedad recientes. Explicaron el 91% de la variación climática. La humedad se correlacionó negativamente ($P < 0.05$) con la fracción fibra ácido detergente y el contenido de celulosa, al igual que la sequía con la digestibilidad de materia seca y el contenido de ceniza cruda. El contenido de grasa se correlacionó positivamente ($P < 0.01$) con la sequía, así mismo los períodos de humedad recientes con el contenido de fibra cruda.

Uvalle (1998) aplica un análisis de componentes principales para entender la relación de diferentes variables ecológicas con respecto a las poblaciones de venado bura del desierto (*Odocoileus hemionus crooki*) en la Región cinegética Tres del Estado de Coahuila. Concluye que la cobertura de herbáceas, la condición del ecosistema y la tendencia del hábitat fueron las variables más estrechamente relacionadas con las poblaciones de venado bura considerando los valores de correlación (.50, .47 y .42, respectivamente) establecidos para los sitios muestreados.

Huerta *et al.* (1999), estudian las relaciones ecológicas entre poblaciones de *Pachocereus grandis*, *Stenocereus dumortieri* y *Stenocereus queretaroensis*, en la Cuenca de Sayula, Jalisco, utilizando técnicas multivariadas con tres conjuntos de variables explicatorias: físico-geográficas, edáficas y bióticas. A través del análisis de correspondencia canónica manifiestan el arreglo de sitios y especies en relación a un gradiente de humedad. Las variables físico-geográficas explican el 28.94% de la variación de los datos y las edáficas el 23.66%. Los atributos seleccionados fueron cobertura total y promedio de altura de los individuos muestreados. La cobertura total y presencia de *Stenocereus dumortieri* es indicadora de condiciones xéricas, relacionándose con especies como *Opuntia atropes*, *Cnidosculus spinosus*, *Leucaena esculenta* y *Bursera fagaroides*, mientras que *S. queretaroensis* y *P. grandis* se distribuyen ampliamente en la zona. La ausencia de *P. grandis* o sus bajas coberturas se relacionan con un mayor disturbio, con grandes coberturas de *Prosopis laevigata*, *Amphypterigium adstringens*, *Lysiloma acapulcensis* e *Ipomea intrapilosa*. Mayores coberturas de *P. grandis* coinciden con sitios más conservados, asociado a *Ficus cotinifolia*, *Euphorbia macvaughii*, *Thevetia ovata* y *Plumbago pulchella*, la latitud y longitud son las variables que contribuyen en menor grado a explicar la variación de las especies, mientras que el contenido de fósforo y potasio, la proporción de arena y la capacidad de intercambio catiónico son las variables edáficas que mejor explican la variación de la comunidad.

Manzano *et al.* (2000) monitorearon el sobrepastoreo por cabras para determinar sus efectos sobre la cobertura foliar en cinco estratos verticales, Asimismo evaluaron la densidad aparente del suelo, rangos de infiltración, contenido de materia orgánica y la

concentración de macronutrientes en el suelo dentro del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. Los resultados de la varianza, covarianza y el análisis de componentes principales sugieren que la cobertura foliar y la densidad aparente del suelo fueron afectadas por el sobrepastoreo. El rango de infiltración el contenido de materia orgánica y los macronutrientes no presentaron una diferencia estadística significativa. Esto puede ser el resultado de una gran variabilidad asociada con tales parámetros o el período corto de tiempo en el que los parámetros fueron monitoreados. El sobrepastoreo dentro de los ecosistemas fue el responsable de los cambios en la composición de especies, en la cobertura vegetal y en la compactación del suelo.

CAPITULO 2

2.1. MARCO GEOGRÁFICO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

2.1.1. UBICACIÓN

El Estado de Nuevo León se localiza en la parte nororiental del país (Figura 12). Dentro de la República Mexicana, colinda al norte con el estado de Coahuila, los Estados Unidos de América - en la angosta zona fronteriza de Colombia - y el Estado de Tamaulipas. Hacia el poniente limita con Coahuila, San Luis Potosí y con Zacatecas (en el vértice de los límites de los cuatro Estados). Al sur colinda con San Luis Potosí y Tamaulipas, con el que también comparte todo su límite oriental (Rojas, 1965; Maldonado *et. al.*, 1973 SPP, 1986).

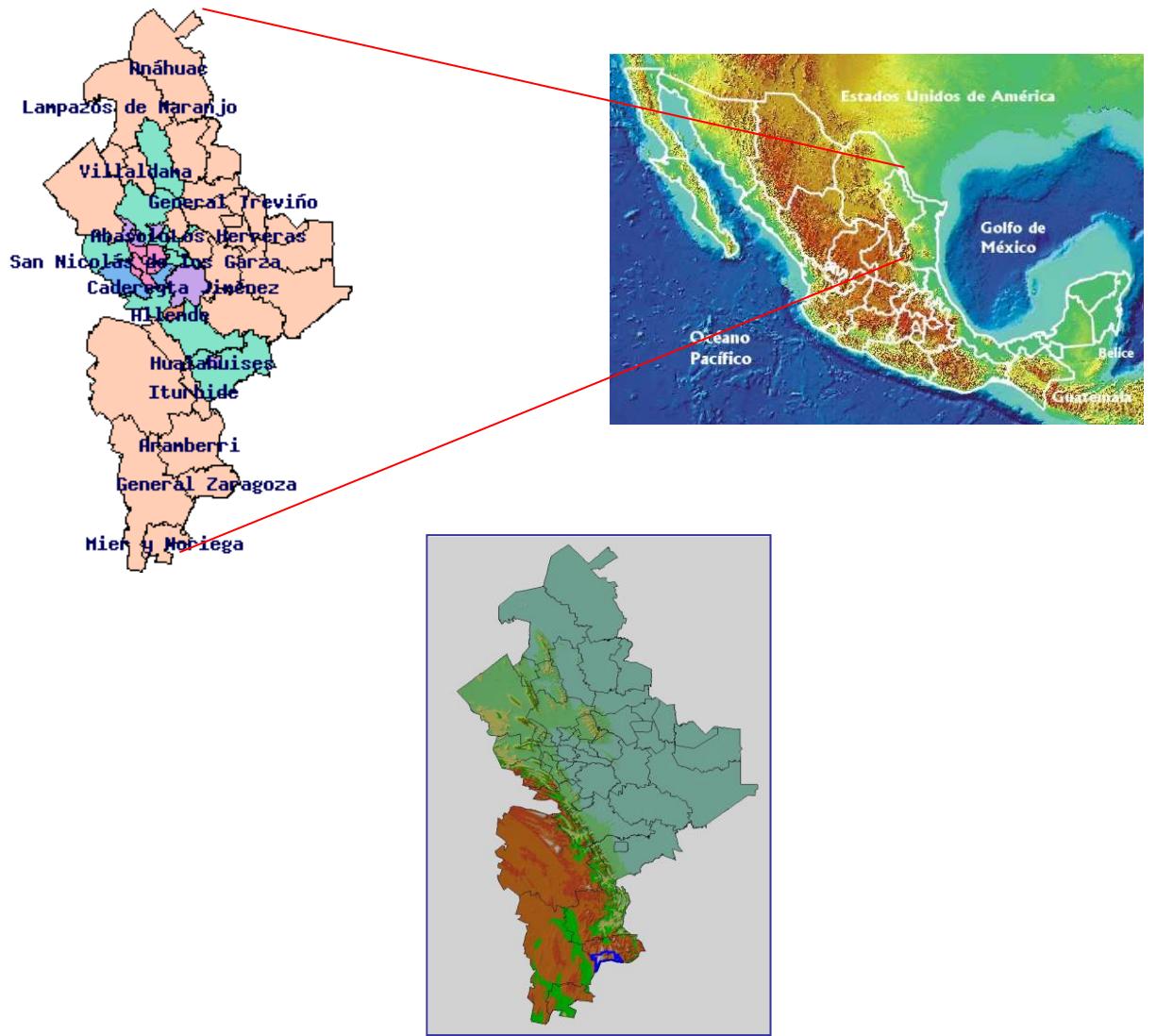


Figura 13. Localización del estado de Nuevo León con respecto a nuestro país.

El territorio nuevoleonés se encuentra en la parte medular de lo que se ha considerado como región Noreste de México. Geográficamente se localiza entre los 23° 10' 27" y 27° 46' 06" de latitud norte y 98° 26' 24" y 101° 13' 55" de longitud oeste (Rojas, 1965 y Valadez, 1999).

De acuerdo con su posición geográfica, principalmente por su latitud el Estado de Nuevo León esta comprendido dentro de la gran zona árida mundial ya que, según Rojas (*op. cit.*), es dentro de las zonas de latitud 20 a 40° Norte y Sur, donde la proporción de tierras áridas es mayor. Establece que, con respecto al Hemisferio Norte, la presencia del Golfo de México y el estrechamiento hacia el sur del continente americano, se favorece la disminución de la aridez; sin embargo, toca en general a México una mayor proporción de tierras áridas en la América del Norte.

Debido a la situación geográfica el aspecto de la mayor parte de la vegetación de Nuevo León indica aridez, pero la presencia de la Sierra Madre oriental que corre de noroeste a sureste, en términos generales, determina la presencia de tipos de vegetación mesofíticos con mayores requerimientos hídricos (Rojas, 1965).

2.1.2. GEOMORFOLOGÍA

Nuevo León presenta tres zonas morfológicas bien definidas (fig. 12), que corresponden a las provincias fisiográficas: La Planicie Costera del Golfo, La Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano.

La Planicie Costera del Golfo Norte, es una región que se eleva gradualmente desde 50 hasta 250 metros (ver Figura 13) sobre el nivel del mar (msnm). Generalmente su topografía es plana a excepción de una serie de lomeríos y cerros de poca altura. La Sierra Madre Oriental presenta terrenos muy accidentados, en forma de sierras paralelas en dirección nornoroeste a sursureste que alcanzan un promedio de 2000 msnm y en donde se ubican los cerros más altos del Estado, como el Cerro el Potosí, La Ascención y Peña Nevada con más de 3500 msnm. El Altiplano Mexicano es una zona que tiene pocas elevaciones montañosas, y se localiza a una altura que varía entre 1500 y 2000 msnm. Sobre ella aparecen cerros y serranías irregulares, que se alzan entre los 200 y 500 msnm pero en general es una zona plana y desértica que presenta una distribución irregular de la humedad. Esta es ligeramente alta en la parte norte en el límite con la Sierra Madre Oriental, y es muy baja en la parte sur, donde la sierra forma una sombra de montaña, que induce a bajas precipitaciones (Alanís, 1996).

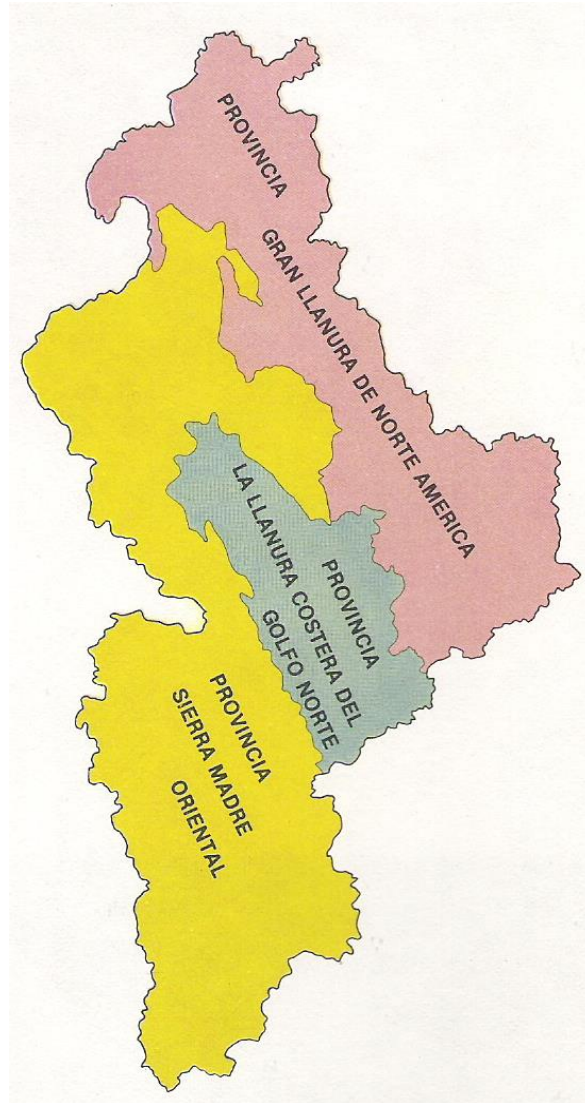


Figura 14. Provincias fisiográficas en el estado de Nuevo León (SPP, 1986).

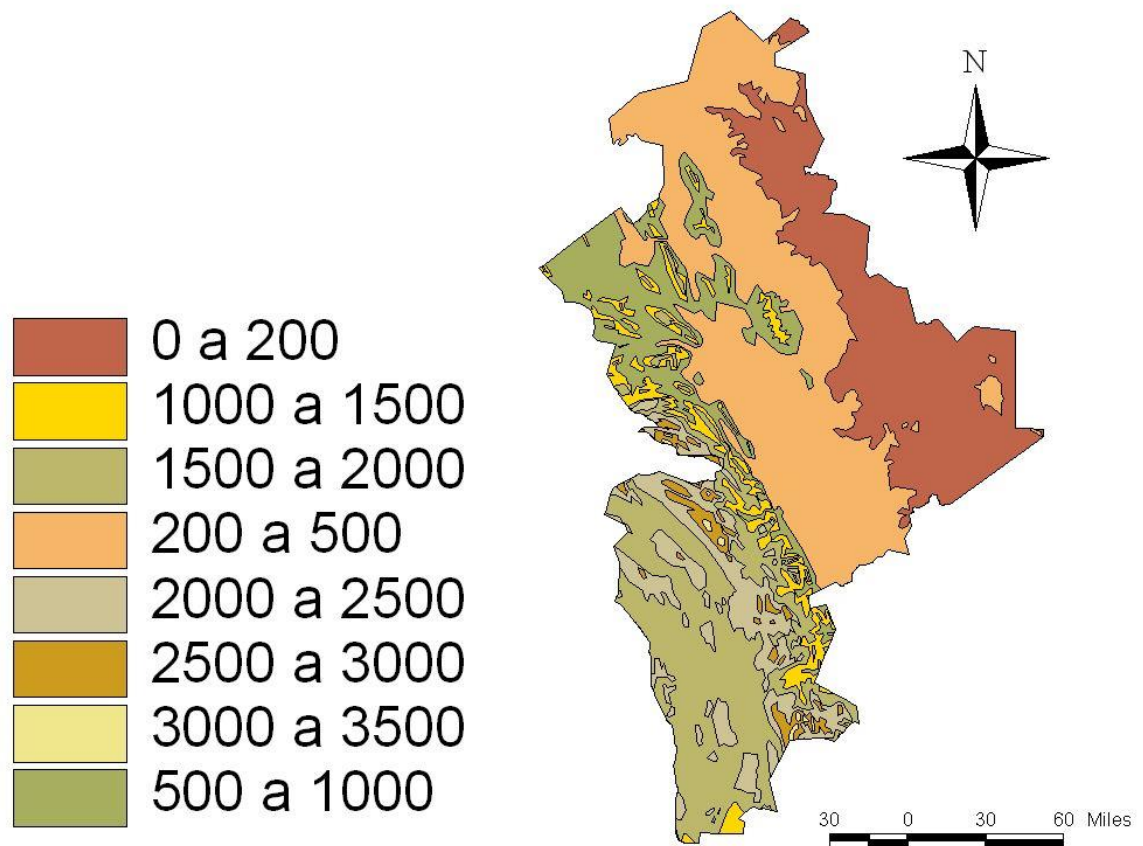


Figura 15. Representación de los niveles de altitud sobre el nivel del mar en el estado de Nuevo León.

2.1.3. CLIMA

Los climas que predominan en Nuevo León (ver Figura 14) son los áridos, según el sistema de Koeppen los climas son del tipo Bw, BS, CxCw. Se presenta un clima caliente y árido (Bsh) en la altiplanicie del suroeste del Estado. En conjunto las temperaturas son relativamente altas, pero la media anual es de 15 a 20°C. Ocurren altas temperaturas durante el día, debido a la barrera ocasionada por la Sierra Madre, ya que aíslan a la zona de la influencia oceánica; además, el cielo claro y el aire seco son condiciones que favorecen una alta insolación. Los mismos factores originan que las temperaturas nocturnas sean bajas (Rojas, 1965; SPP, 1986).

El clima se considera caliente y árido a pesar de que la temperatura media anual no es tan baja, pero las fluctuaciones diarias y estacionales son muy amplias y extremas, por lo que ocasiona que el promedio anual baje.

Con respecto a la precipitación la zona oriental y norte del Estado se caracteriza por su clima caliente y árido

En Nuevo León predominan los climas semisecos extremos. La precipitación pluvial es en general bastante escasa, aunque cuenta con regiones que registran lluvias anuales mayores de 800 mm. La media general anual del estado oscila entre 300 y 600 mm.

Los climas seco y semiárido se distribuyen principalmente en la región nororiental, la cual forma parte de la Gran Llanura de Norteamérica; y en la región suroccidental, separada de las primeras por las alturas de la Sierra Madre Oriental.

En áreas menores de la región de la sierra, en la zona del centro y sur de la entidad y en gran parte de la cuenca del Río San Juan se registran los climas semicálidos, templados y semifríos.

2.1.4. SUELOS

Puesto que en el Estado predominan las rocas calizas y las lutitas, estas últimas material arcilloso en permanente fragmentación, los suelos tienen marcada tendencia arcillosa y calcárea; su principal forma de origen es la aluvial, es decir, por arrastre de agua sobre las rocas.

Existen algunas áreas muy localizadas con suelos originados por el intemperismo de rocas ígneas o volcánicas y también algunos lugares salitrosos como San José de Raíces y Mina. La masa de las montañas se compone en su mayor parte de carbonato de calcio y pizarra, la cual se intemperiza por la acción del aire, la temperatura y la humedad, dando lugar a un migajón arcilloso.

De acuerdo con la clasificación de los suelos en el ámbito mundial, propuestos por el Dr. K. D. Glinka, los suelos que predominan en el Estado son los castaños o chestnut, los del desierto y semidesierto llamados grises o sierozem, y los suelos negros o cherozem (fig. 15). También se presentan los suelos de montaña o forestales. Cualquiera que haya sido su origen, su composición es una porción mineral y otra orgánica. La primera se deriva de la desintegración de las rocas y la segunda tiene su origen en los residuos de las plantas y animales muertos.

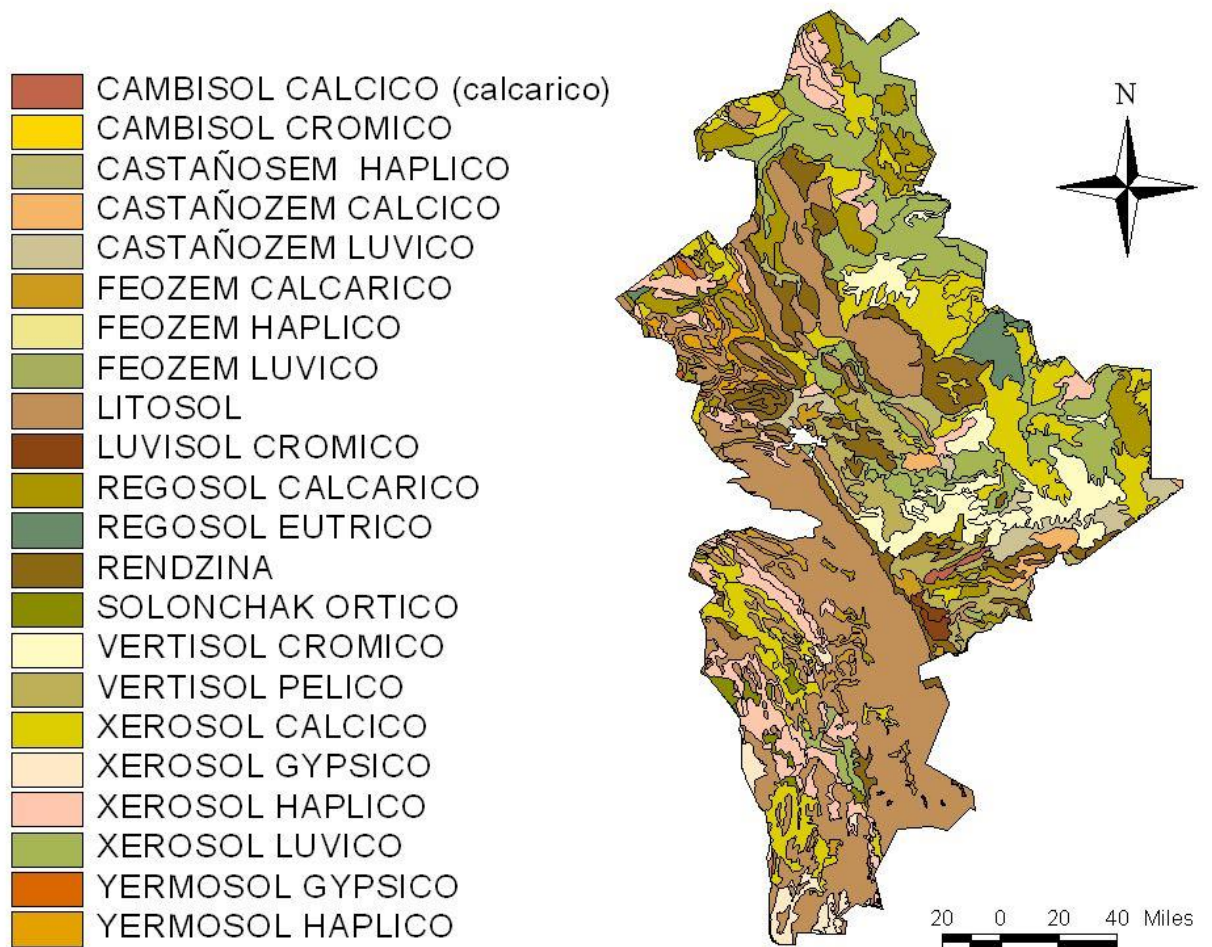


Figura 16. Representación de los tipos de vegetación en el estado de Nuevo León.

2.1.5. VEGETACIÓN

De acuerdo con las diferentes condiciones de temperatura, presión atmosférica y humedad, por la variabilidad en altitud y efecto de sombra que produce la Sierra Madre Oriental, así como la ubicación geográfica del Estado en zonas correspondientes a climas semisecos extremos, ha producido un tipo de específico de vegetación que se ha clasificado en tres principales asociaciones: pastizal, matorral y bosque (Valadez, 1999). Sin embargo, para estudios más detallados el estado de Nuevo León se ha dividido en provincias fisiográficas. Por lo tanto, los tipos de vegetación que se presentan son de acuerdo a las tres zonas geográficas.

Como puede observarse la vegetación (ver Figura 16) predominante de la Planicie costera del Golfo Norte esta constituida por matorral espinoso y mezquital. Tales comunidades vegetales presentan variantes fisonómicas, las especies pueden ser altas espinosas o medianas subinermes. Asociado a estas comunidades encontramos algunos tipos de matorrales desérticos y pastizales. La Sierra Madre Oriental presenta características particulares como es su relieve, altitud, exposición, tipos de suelo, humedad y precipitación que regulan la presencia de los diferentes tipos de vegetación de esta zona, compuesta principalmente de bosques de pinos, encinos, mixtos y otros tipos de coníferas. En lugares especialmente húmedos encontramos un bosque de niebla, escaso en el Estado, y en las faldas de la Sierra Madre Oriental destaca el matorral

submontano, formación de arbustos y árboles bajos, de 4 a 6 m de altura, muy rico en formas de vida. El Altiplano Mexicano se caracteriza por presentar matorrales desérticos, los cuales presentan interesantes adaptaciones a la aridez, como hojas en forma de espinas y tallos suculentos, entre otras. (Alanís, 1996).

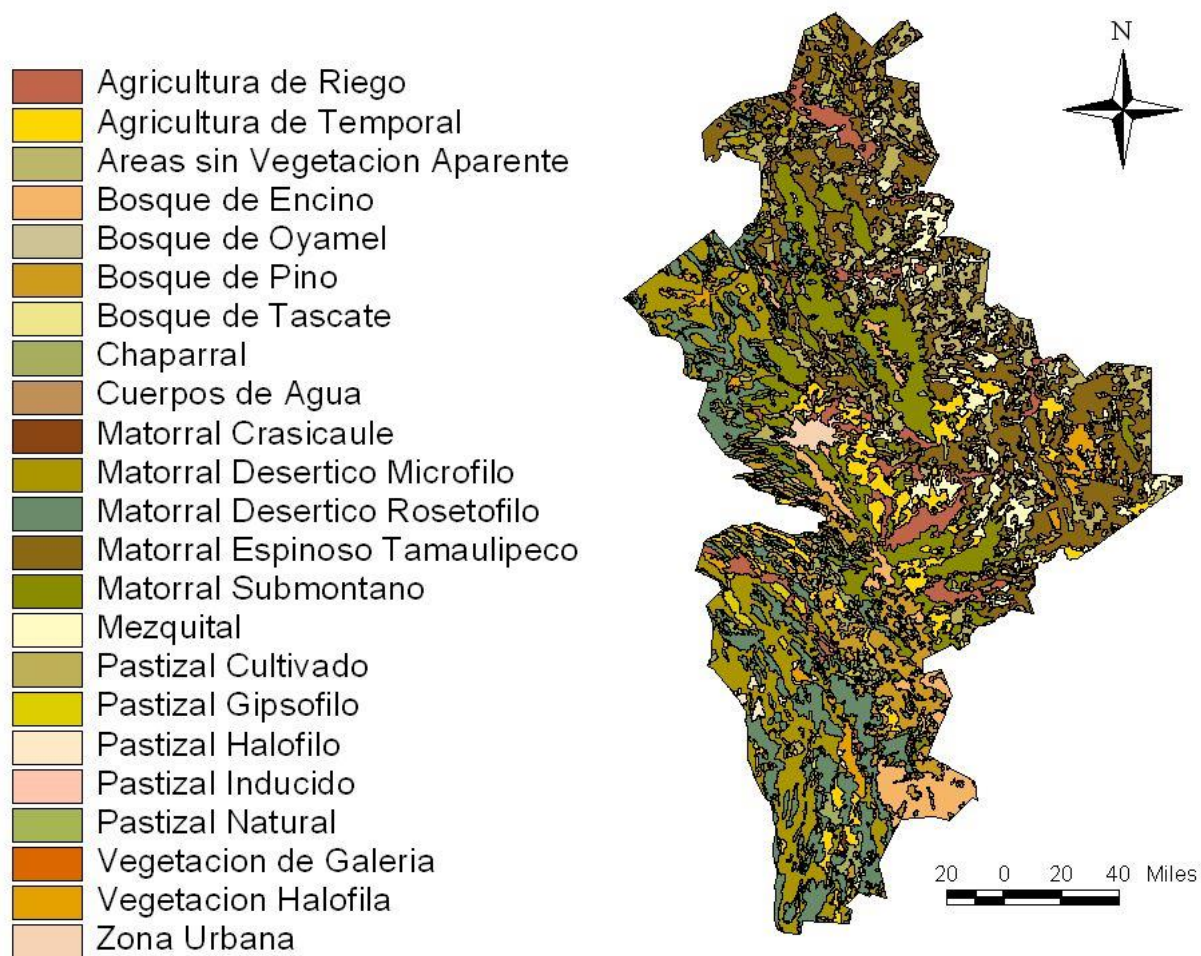


Figura 17. Representación de los tipos de vegetación en el Estado de Nuevo León

2.1.6. REGIONES DE NUEVO LEÓN

A continuación se describen las tres regiones ecológicas que conforman el estado de Nuevo León.

Región árida: Se caracteriza por tener climas de tipo seco semicálido y el seco templado, con precipitaciones escasas de 350 mm, erráticas y mal distribuidas de tipo torrencial y una temperatura media anual mayor de 22°C, con suelos con poca cantidad de materia orgánica, la vegetación está compuesta principalmente por matorrales medianos, inermes, crasulifolios y pastos nativos amacollados, medianos y halófitos, su aprovechamiento es ganadero con una superficie de 1'660,291 has.

Región semiárida: se caracteriza por tener mala distribución de la precipitación y períodos escasos de lluvias, con una precipitación de 350 a 600 mm anuales y una temperatura media anual mayor de 18°C, con bajas temperaturas en invierno y muy calurosas en verano, predomina la vegetación arbórea y arbustiva, matorrales y bosques de mezquite, algunas áreas presentan agrupaciones de halófitas, entre ellos los pastos, su aprovechamiento es la ganadería con una extensión de 3'905,809 has.

Región templada: se caracteriza por tener el clima de tipo templado subhúmedo c(wo)1 y semiseco templado bs1, con una precipitación promedio anual mayor a 500

mm y una temperatura media anual de 12°C a 18°C, su fisiografía está conformada por sierras, mesetas y escarpadas con pendientes mayores al 70%, su vegetación se caracteriza por bosques, dominada por diversos árboles de pinos y encinos, su aprovechamiento es ganadero y forestal, con una extensión de 889,400 has (ver Figura 18).

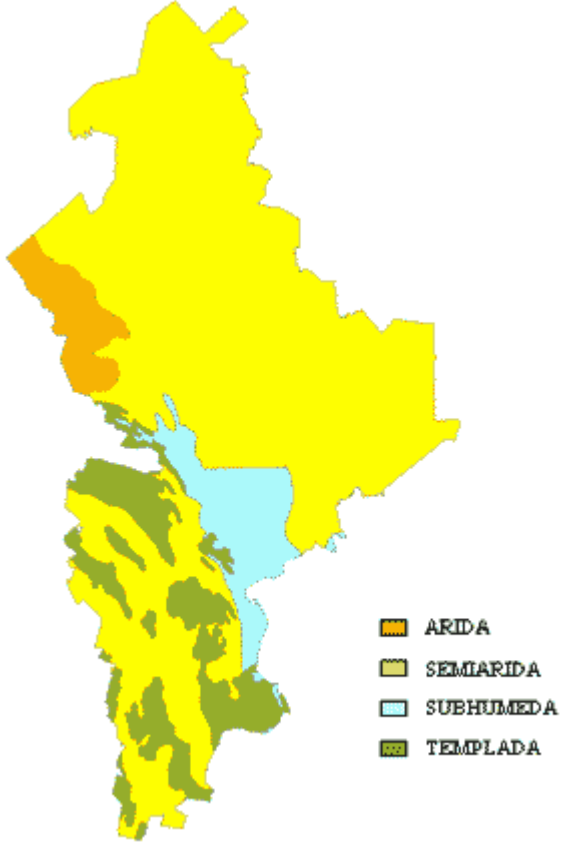


Figura 18. Regiones ecológicas de Nuevo León.

CAPÍTULO 3

3.1. METODOLOGÍA

Para dar generación de información y que esta pueda analizarse para dar respuesta tanto a la hipótesis como a los objetivos se partió de los puntos metodológicos siguientes:

3.1.1. MÉTODO DE CONSULTA

Se realizaron visitas a los herbarios del país (MEXU, UAT, UANL y ANSM) y del extranjero (UT, ASU), con el fin de saber si hay registros de colectas de cactáceas para el Estado de Nuevo León. De forma paralela, se consultó la Base de Datos de Cactáceas de Norte y Centroamérica, del Laboratorio de Cactología del Instituto de Biología, UNAM con el fin de conocer las especies registradas y que correspondan a colectas en el en el Estado.

3.1.2. MÉTODO DE CAMPO

El Estado se dividió de manera total y sistemática en cuadrantes de 30 minutos de latitud por 30 minutos de longitud, teniendo un total de 30 (ver Figura 18). En cada cuadrante se realizaron cuatro transectos de 2 Km de largo por 4 m de ancho, considerándose como los sitios de muestreo. Estos se ubicaron en forma sistemática, con la finalidad de tener una mayor precisión en la recolección de todas las especies de

cactáceas que se observen. La selección de los sitios se representó en áreas de vegetación con el mínimo de disturbio. El método ha sido utilizado con éxito por Gómez *et al* (2002) y Hernández *et al* (1996). Para dar seguimiento al método se contó con un aparato para medir coordenadas GPS, cinta métrica de 100 m, mochilas, prensas de colecta y martillos de geólogo.

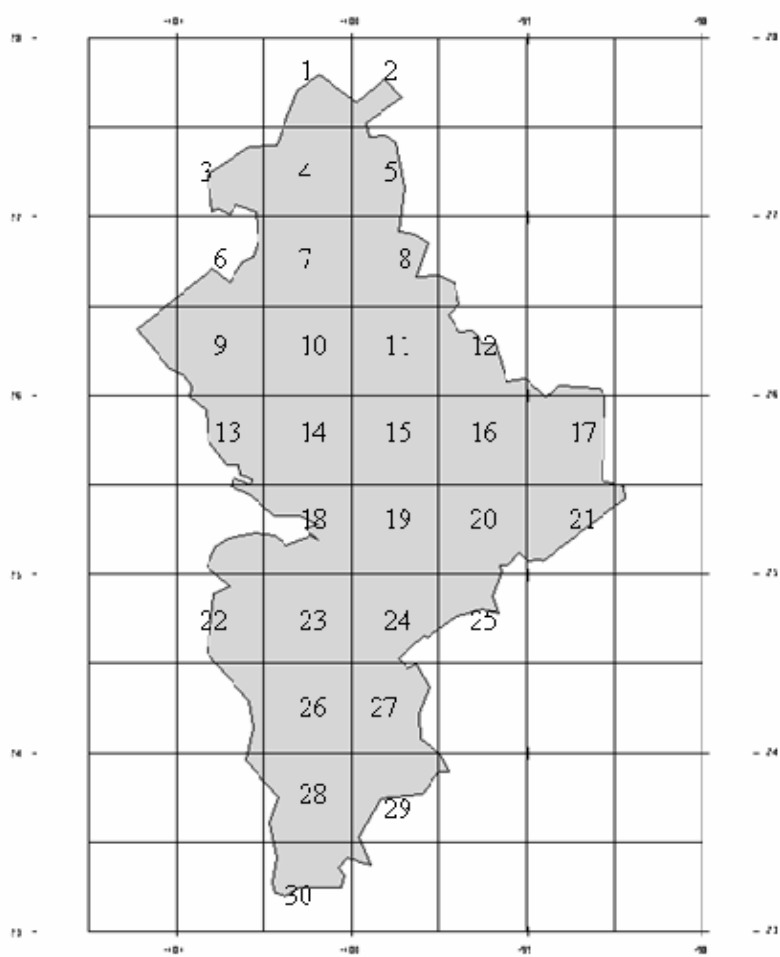


Figura 19. Mapa de Nuevo León con la selección de los 30 cuadrantes.

3.1.3. MÉTODO DE ANÁLISIS

3.1.3.1. INVENTARIO CACTOFLORÍSTICO

Con la información que se generó de los transectos de muestreo de cada cuadrante se elaboró el inventario cactoflorístico para el Estado de Nuevo León. Siendo éste, prioritario para el seguimiento de los demás objetivos. A lo largo del transecto se fue observando la presencia de las especies para ser registradas en un diario de campo. Este paso es importante ya que sin el conocimiento de que especie es no podemos realizar una investigación confiable, ésta de manera objetiva y no subjetiva.

El Estado se dividió en dos regiones Norte y Sur, con la idea determinar si existen diferencias en la diversidad de especies. Asimismo se efectuó para las tres provincias fisiográficas que cruzan por Nuevo León.

3.1.3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.1.3.2.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD

Se realizó un análisis con el índice de similitud o modelo de Jaccard, para comparar la composición de especies entre todos los cuadrantes, con el objetivo de determinar el grado de similitud de especies entre los diferentes cuadrantes. El análisis se realizó en un paquete estadístico.

- Medida de Jaccard (datos cualitativos)

$$C_j = j / (a + b - j)$$

Donde: j= Número de especies comunes en ambas localidades

a= Número de especies en la localidad A

b= Número de especies de la localidad B

3.1.3.2.2. ESTADÍSTICA DEL ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN

Se utilizó la correlación de Pearson y de Spilman, para comparar las especies por transecto con las variables de clima, suelo, vegetación, altitud e índice de aridez y entre ellas. Además se realizó un análisis de Cluster. Los ensayos se realizaron en el paquete estadístico SPSS10. Esto indicará sí el parámetro ambiental es determinante en la distribución de las especies.

CAPITULO 4

4.1. RESULTADOS

4.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Se generó un total de 120 transectos de muestreo (ver Figura 19). Estos se realizaron en áreas de vegetación con el menor grado de disturbio, es decir en áreas donde no se apreciara la presencia de ganado en pastoreo o la intervención del hombre. En cada uno de ellos se registró la presencia de las especies de cactáceas. Posteriormente estos puntos de muestreo se ubicaron dentro de los cuadrantes (ver Figura 20). En Algunos transectos se ajustó sus coordenadas geográficas, esta modificación se realizó en el caso en el que el área fuera igual, es decir mismas condiciones ecológicas, para esto se hicieron corroboraciones en campo, con el propósito de que se encontraran las mismas especies.

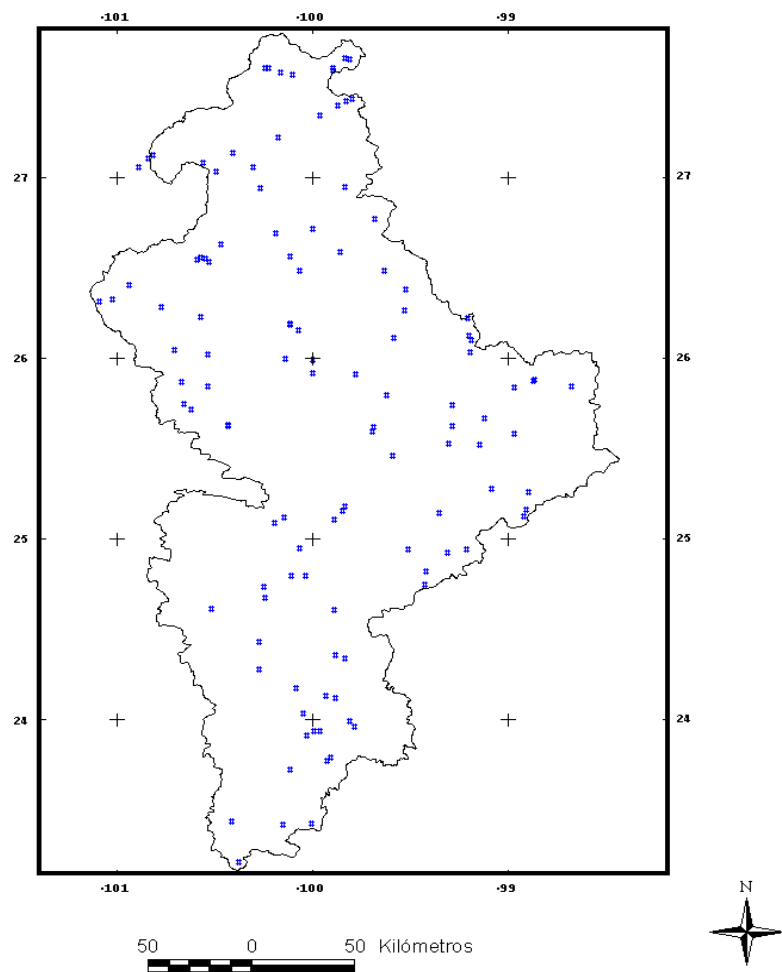


Figura 20. Distribución de los transectos de muestreo en el Estado de Nuevo León. Los muestreos se realizaron durante el período del 2002 al 2004.

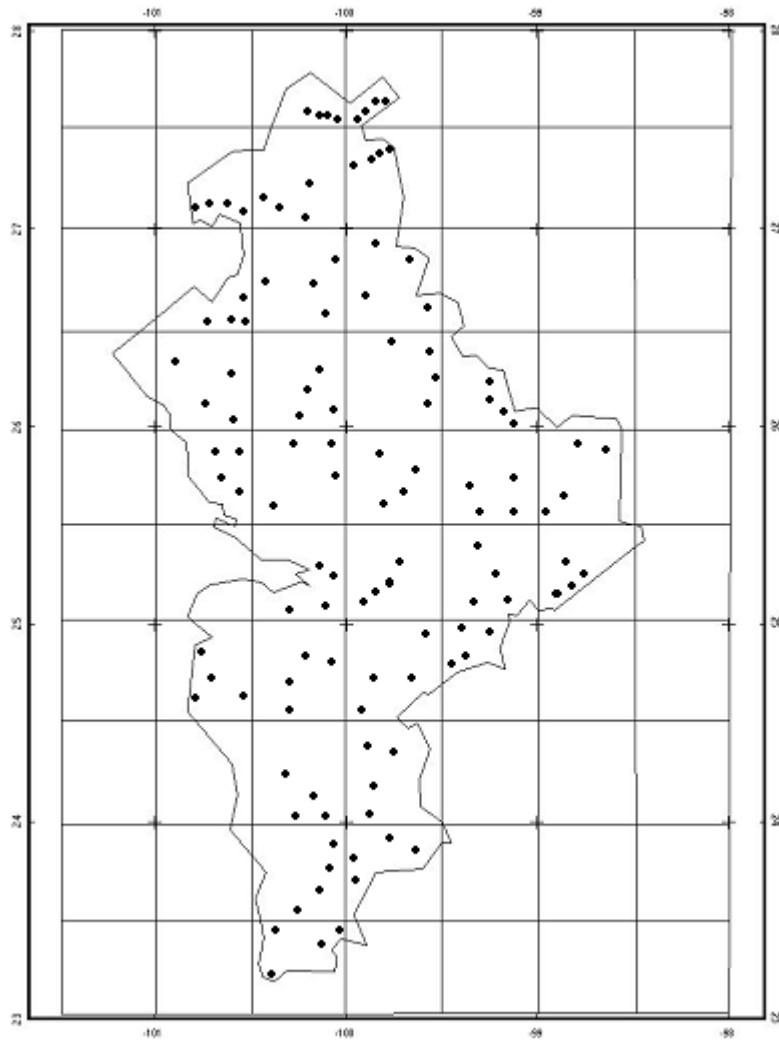


Figura 21. Distribución de los transectos de muestreo dentro de los cuadrantes que conforman al estado de Nuevo León.

4.1.2. COMPROBACIÓN DEL MÉTODO

A partir de las especies presentes por transecto se generó una curva de acumulación de especies (ver Figura 21) en la que se demuestra que el método de muestreo utilizado es confiable. Se observa que el número de especies de cactáceas en los últimos transectos tiende a estabilizarse, por lo que se puede discernir que la curva tiende a volverse asintótica.

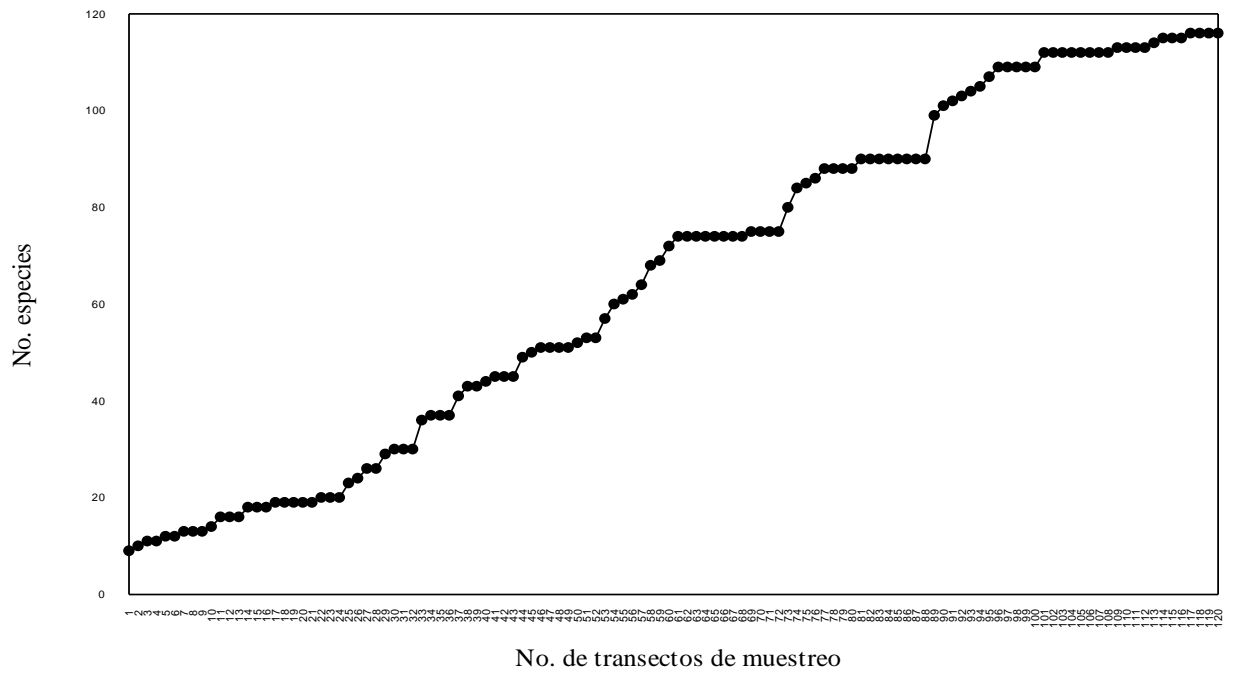


Figura 22. Curva de acumulación de especies de cactáceas colectadas en los 120 transectos de muestreo en el Estado de Nuevo León.

CAPÍTULO 5

5.1. RESULTADOS

5.1.1. FLORA CACTOLÓGICA DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Se registró para el estado de Nuevo León un total de 141 taxones (ver cuadro 2), de los cuales 127 corresponden a especies y 14 a subespecies, incluidos en 31 géneros. Los géneros con el mayor número de especies (ver Figura 21) son *Mammillaria* con 24, *Echinocereus* con 19, *Opuntia* y *Coryphantha* con 14, *Turbinicarpus* con 10, *Thelocactus* con 8, *Ariocarpus*, *Cylindropuntia* y *Neolloydia* con 5, *Escobaria* con 4, *Astrophytum*, *Echinocactus*, *Epithelantha* y *Ferocactus* con 3, *Aztekium*, *Sclerocactus*, *Stenocactus* y *Stenocereus* con 2 y los demás géneros con 1 especie (ver Figura 22).

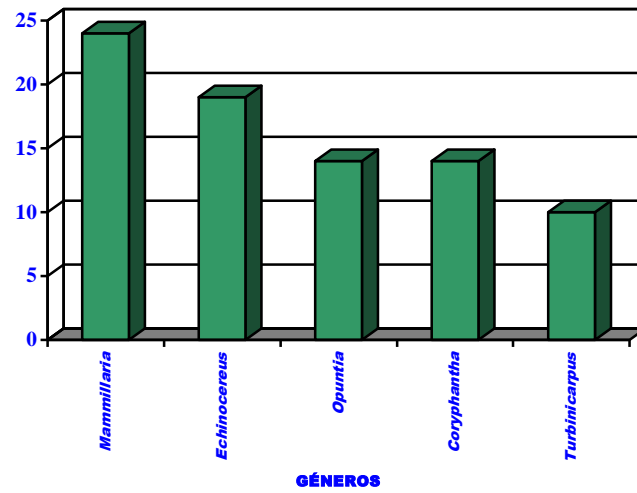


Figura 23. Géneros de cactáceas de mayor importancia por su número de especies.

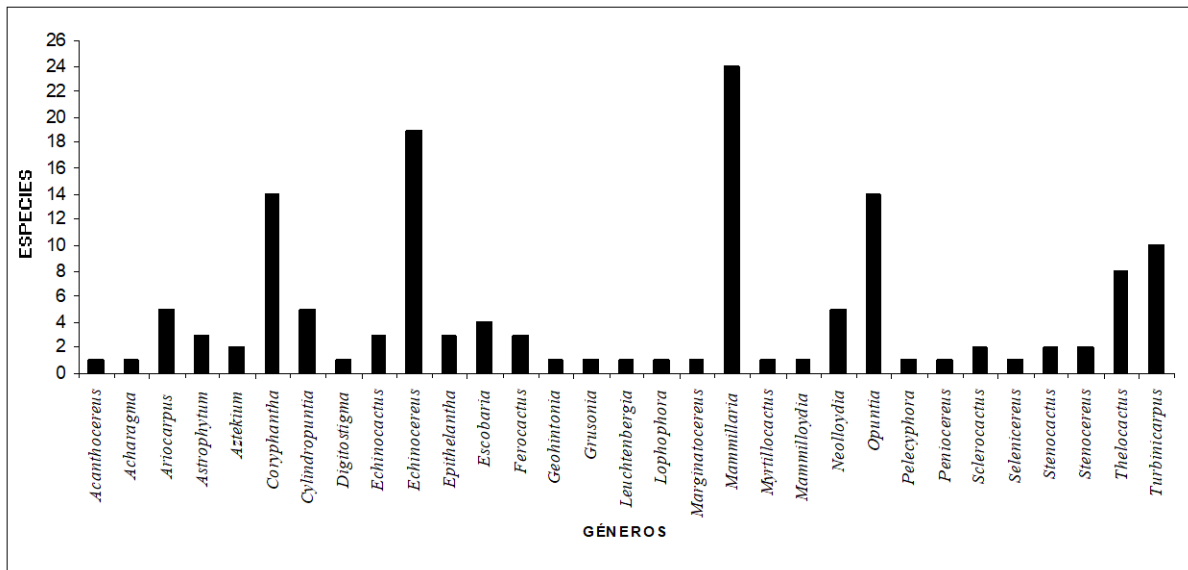


Figura 24. Relación del número de especies de cactáceas por género.

TABLA II.

Lista de especies registradas para el estado de Nuevo León (se identificaron del 2002 al 2005) . Las especies que presentan asterisco fueron tomadas de la literatura taxonómica de Guzmán *et al* (2003), Glass (1998) y otros.

| | | |
|--|---|---|
| <i>Acanthocereus tetragonus</i> | | <i>Mammillaria albicoma</i> |
| <i>Acharagma roseana</i> | | <i>Mammillaria carretii</i> |
| <i>Ariocarpus fissuratus</i> | | <i>Mammillaria elongata</i> |
| <i>Ariocarpus kotschoubeyanus</i> | | <i>Mammillaria Formosa</i> |
| <i>Ariocarpus retusus</i> | | <i>Mammillaria glassii</i> |
| <i>Ariocarpus retusus</i> ssp <i>trigonus</i> | | <i>Mammillaria heyderi</i> |
| <i>Ariocarpus scaphiostriis</i> | | <i>Mammillaria heyderi</i> ssp <i>gumifera</i> |
| <i>Astrophytum asterias</i> | | <i>Mammillaria lenta</i> |
| <i>Astrophytum capricorne</i> | | <i>Mammillaria longiflora</i> |
| <i>Astrophytum myriostigma</i> | | <i>Mammillaria melanocentra</i> |
| <i>Aztekiium hintonii</i> | | <i>Mammillaria magnimamma</i> |
| <i>Aztekiium ritteri</i> | | <i>Mammillaria picta</i> |
| <i>Coryphantha cornifera</i> | | <i>Mammillaria pilispina</i> |
| <i>Escobaria laredoi</i> | | <i>Mammillaria plumosa</i> |
| <i>Coryphantha delaetiana</i> | * | <i>Mammillaria lasiacantha</i> |
| <i>Coryphantha delicate</i> | * | <i>Mammillaria pottsii</i> |
| <i>Coryphantha difficilis</i> | | <i>Mammillaria prolifera</i> |
| <i>Coryphantha palmeri</i> | | <i>Mammillaria roseoalba</i> |
| <i>Coryphantha octacantha</i> | | <i>Mammillaria sanchez-mejoradae</i> |
| <i>Coryphantha glanduligera</i> | | <i>Mammillaria sphaerica</i> |
| <i>Coryphantha nickelsiae</i> | | <i>Mammillaria uncinata</i> |
| <i>Coryphantha neglecta</i> | | <i>Mammillaria weingartiana</i> |
| <i>Coryphantha macromeris</i> | | <i>Mammillaria winteriae</i> |
| <i>Coryphantha poselgeriana</i> | | <i>Mammilloidya candida</i> |
| <i>Coryphantha pseudoechinus</i> | | <i>Marginatocereus marginatus</i> |
| <i>Coryphantha radians</i> | | <i>Myrtillocactus geometrizans</i> |
| <i>Coryphantha robustispina</i> | | <i>Neolloydia conoidea</i> |
| <i>Coryphantha salinensis</i> | | <i>Neolloydia conoidea</i> ssp <i>grandiflora</i> |
| <i>Coryphantha sulcata</i> | | <i>Neolloydia smithii</i> |
| <i>Cylindropuntia imbricada</i> | | <i>Neolloydia</i> sp. |
| <i>Cylindropuntia kleiniæ</i> | | <i>Neolloydia</i> sp. |
| <i>Cylindropuntia leptocaulis</i> | | <i>Opuntia cantabrigiensis</i> |
| <i>Cylindropuntia rosea</i> | | <i>Opuntia engelmannii</i> |
| <i>Cylindropuntia tunicata</i> | | <i>Opuntia engelmannii</i> ssp <i>engelmannii</i> |
| <i>Digitostigma caput-medusae</i> | | <i>Opuntia leptocaulis</i> |
| <i>Echinocactus horizontalonius</i> | | <i>Opuntia macrocentra</i> |
| <i>Echinocereus parkeri</i> | | <i>Opuntia macrorhiza</i> |
| <i>Echinocereus papillosus</i> | | <i>Opuntia microdasys</i> |
| <i>Echinocereus longisetus</i> | | <i>Opuntia phaeacantha</i> |
| <i>Echinocactus platyacanthus</i> | | <i>Opuntia rastrea</i> |
| <i>Echinocactus texensis</i> | | <i>Opuntia robusta</i> |
| <i>Echinocereus berlandieri</i> | | <i>Opuntia stenopetala</i> |
| <i>Echinocereus cinerascens</i> | | <i>Opuntia streptacantha</i> |
| <i>Echinocereus cinerascens</i> ssp <i>tulensis</i> | | <i>Opuntia stricta</i> |
| <i>Echinocereus enneacanthus</i> | | <i>Opuntia strigil</i> |
| <i>Echinocereus enneacanthus</i> ssp <i>enneacanthus</i> | | <i>Pelecyphora strobiliformis</i> |
| <i>Echinocereus rayonensis</i> | | <i>Peniocereus greggii</i> ssp <i>greggii</i> |
| <i>Echinocereus knippelianus</i> | | <i>Sclerocactus scheeri</i> |
| <i>Echinocereus poselgeri</i> | | <i>Sclerocactus uncinatus</i> |

TABLA II (Continuación)

| | |
|---|--|
| <i>Echinocereus pectinatus</i> | <i>Selenicereus spinulosus</i> |
| <i>Echinocereus pentalophus</i> | <i>Stenocactus crispatus</i> |
| <i>Echinocereus pulchellus</i> | <i>Stenocactus phyllacanthus</i> |
| <i>Echinocereus reichenbachii ssp armatus</i> | <i>Stenocereus griseus</i> |
| <i>Echinocereus stramineus</i> | <i>Thelocactus bicolor</i> |
| <i>Echinocereus triglochidiatus</i> | <i>Thelocactus conothelos</i> |
| <i>Echinocereus viereckii ssp morricalii</i> | <i>Thelocactus hexaedrophorus</i> |
| <i>Echinocereus viridiflorus</i> | <i>Thelocactus macdowellii</i> |
| <i>Epithelantha micromeris ssp micromeris</i> | <i>Thelocactus rinconensis</i> |
| <i>Escobaria dasyacantha</i> | <i>Thelocactus setispinus</i> |
| <i>Epithelantha spinosior</i> | <i>Thelocactus tulensis</i> |
| <i>Epithelantha micromeris ssp pachyrhiza</i> | <i>Turbinicarpus beguinii</i> |
| <i>Escobaria dasyacantha ssp chaffeyi</i> | <i>Turbinicarpus hoferi</i> * |
| <i>Escobaria emskoetteriana</i> | <i>Turbinicarpus pseudopectinatus</i> |
| <i>Ferocactus echidne</i> | <i>Turbinicarpus booleanus</i> * |
| <i>Ferocactus pilosus</i> | <i>Turbinicarpus dickisioniae</i> * |
| <i>Grusonia schotii</i> | <i>Turbinicarpus schmiedickeanus ssp schmiedickeanus</i> * |
| <i>Ferocactus hamatacanthus</i> | <i>Turbinicarpus swoboda</i> * |
| <i>Geohintonia mexicana</i> | <i>Turbinicarpus valdezianus</i> |
| <i>Leuchtenbergia principis</i> | <i>Turbinicarpus viereckii ssp vierecki</i> |
| <i>Lophophora williamsii</i> | <i>Turbinicarpus zaragozae</i> |
| <i>Mammillaria chionocephala</i> | |

Las especies de los géneros de *Acanthocereus* y *Marginatocereus* se encontraron en terrenos cercanos a las casas, esto quiere decir que probablemente los tallos fueron tirados y estos se desarrollaron.

Por otro lado, se tiene que *Geohintonia mexicana* es una especie que se desarrolla en hábitat muy específicos como son los suelos gipsófilos con cierto grado de intemperización y *Echinocereus knippelianus* a alturas sobre el nivel del mar que oscilan entre los 2300 y los 3200 m. Asimismo se tiene que existen algunas especies con distribución en todo el Estado como es el caso de *Opuntia engelmannii* y de otras que se distribuyen únicamente en el Sur del Estado como *Leuchtenbergia principis* *Coryphantha glanduligera* y de otras que son endémicas a ciertos hábitat o localidades como *Turbinicarpus zaragozae* las dos especies de *Aztekium*, *Ariocarpus scaphirostris* y *Geohintonia mexicana*. Con ello también se tiene que *Astrophytum asterias* se localiza en el Norte y centro del Estado, preferentemente en el matorral xerófilo del tipo matorral espinoso tamaulipeco. Con ello se tiene que las especies se localizaron en el matorral xerófilo con sus diferentes tipos fisonómicos y de su flora.

Se localizaron cactáceas tanto en bosques como en los diferentes tipos de matorral, sin embargo, el mayor número de especies se determinó en los matorrales de tipo desértico, principalmente en los municipios de Mina y Aramberri, seguidos de Galeana, Doctor Arroyo y Mier y Noriega. Asimismo se determina que algunas especies se desarrollan en cierto tipo de suelo y a una altitud particular. Destacan por su importancia en diversidad de especies los géneros *Mammillaria*, *Echinocereus*, *Coryphantha* y *Opuntia*.

Algunas especies no se localizaron, ya que los sitios de muestreo fueron ubicados de manera aleatoria y no buscando los sitios donde estuvieran presentes las cactáceas, sin embargo, se incluyeron algunas, tomando en consideración literatura de consulta especializada.

Es importante mencionar que se deben seguir realizando muestreos en el Estado, para tener un mayor acierto en la riqueza de las especies de cactáceas y que aún se siguen teniendo nuevos registros, tanto para el Estado como para la Ciencia.

CAPÍTULO 6

6.1. RESULTADOS

6.1.1. DIVERSIDAD DE ESPECIES DE CACTÁCEAS POR CUADRANTE

La distribución de las especies en los cuadrantes es muy heterogénea, determinándose que existen 37 especies que se localizan en un sólo cuadrante, lo que indica que las especies son muy raras o que presentan una distribución muy restringida. Contrario a esto existe una especie, *Opuntia engelmannii*, que se localiza en los 30 cuadrantes de muestreo, *Opuntia leptocaulis* se localiza en 29 y *Ferocactus hamatacanthus* en 27, por lo que se les considera como las especies más frecuentes en el Estado de Nuevo León. Dicho de otra manera se observan grupos de especies que comparten el mismo número de cuadrantes (Figura 23). Esto es entendible ya que en la región Norte y Centro se ubican al matorral espinoso tamaulipeco con condiciones ecológicas similares excepto por los lomeríos que se encuentran cubiertos por matorral submontano. Cabe destacar que *Astrophytum asterias* en Nuevo León se localiza en pequeñas poblaciones disyuntas, muy separadas una de la otra (Linares, China y Vallecillos). Aunque existen personas que dicen haber visto a *A. asterias* en los últimos dos municipios éste no se encontró, sin embargo en Linares existen dos poblaciones que quizá no rebasen los 200 individuos. Por lo tanto, esto pueda interpretarse en la actualidad como poblaciones fragmentadas de tipo relictual (como sucede en bosques de pino) y que en el pasado la distribución era continua y con un patrón de distribución bien definido.

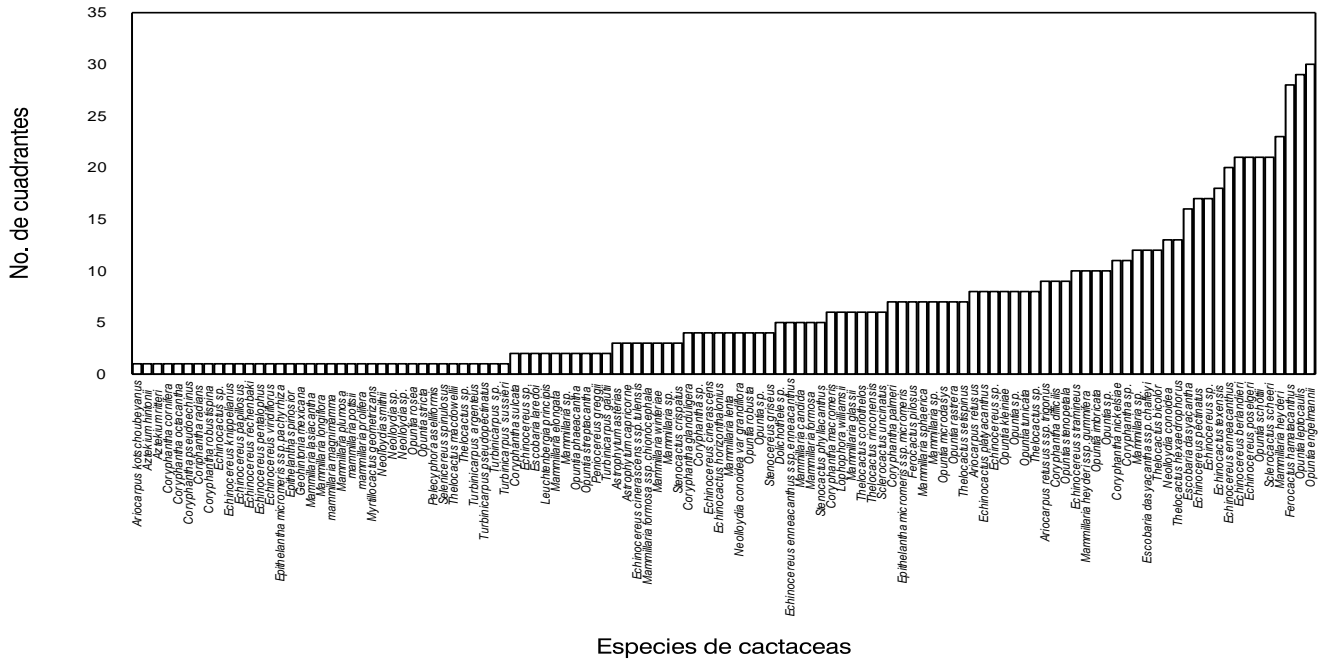


Figura 25. Número de veces en las que una especie aparece en los cuadrantes.

El análisis de la presencia de especies por cuadrantes es muy heterogénea, ya que de los 30 cuadrantes que conforman al Estado existen especies que se localizaron en un solo cuadrante (38 especies) como *Geohintonia mexicana*, *Turbincarpus zaragozae*, *Aztekium ritterii*, *Aztekium hintonii*, entre otras. Lo anterior indica que las especies son muy raras o que su distribución está dada por alguna condición del hábitat (gráfica 24).

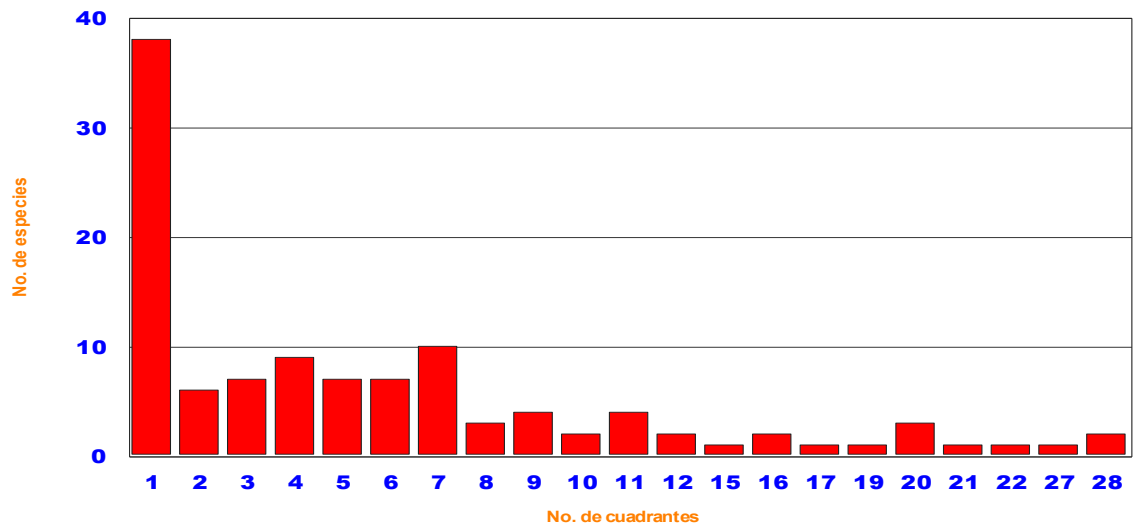


Figura 26. Relación de las especies de cactáceas en los cuadrantes.

6.1.2. FORMAS DE VIDA DE LAS CACTÁCEAS

Las formas de vida de las cactáceas son de tipo: globosas (*Astrophytum asterias*), cilíndricas (*Ferocactus pilosus*), columnares (*Myrtillocactus geometrizans*), ascendentes (*Selenicereus spinulosus*) y articulados o tallos aplanados (*Opuntia engelmannii*). Además, (ver Figura 25) la forma globosa se presenta en un 50%, lo que indica que un gran número de especies presenta ésta forma, por lo que sería de esperarse debido a que el género *Mammillaria* tiene una distribución en todo el estado y a su vez presenta una mayor riqueza de especies. Por el contrario, las siguientes formas biológicas que presentan un menor número de especies son las columnares, colgantes, difusas y decumbentes. Destacan las especies en el orden de las formas anteriores: *Myrtillocactus geometrizans*, *Selenicereus spinulosus*, *Cylindropuntia imbricata*,

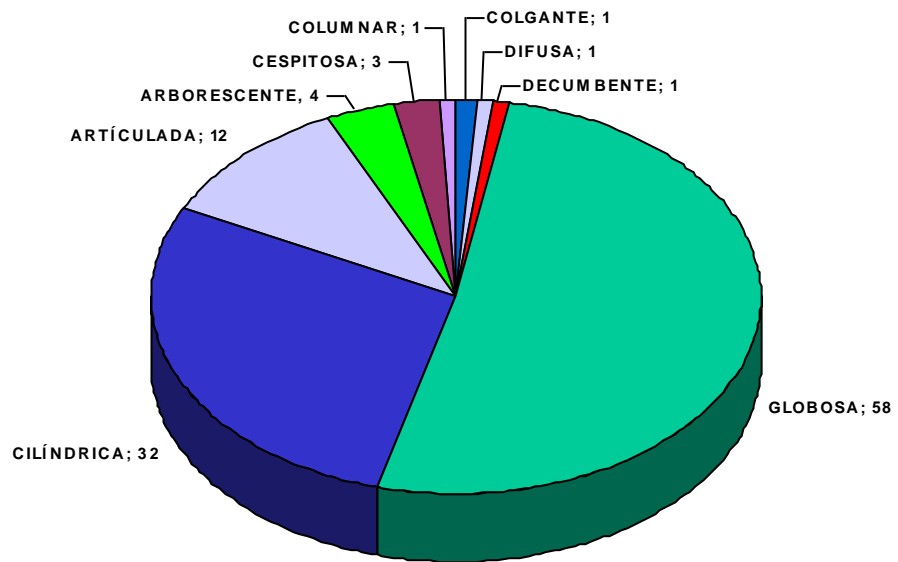


Figura 27. Relación de formas biológicas que se presentan en las cactáceas.

Aunado a lo anterior, se tiene que al realizar una comparación entre las formas biológicas de las regiones Norte y Sur dio como resultado que las formas globosas predominan en la región Sur (ver Figura 26), siguiéndole en orden las cilíndricas y articuladas. Se puede comentar que en esta región predominan los géneros con mayor número de especies son los que se encuentran en éstas formas biológicas, teniendo al género *Mammillaria*, *Echinocereus* y *Opuntia*.

Comparación de las formas biológicas entre las regiones Norte y Sur del estado de Nuevo León.

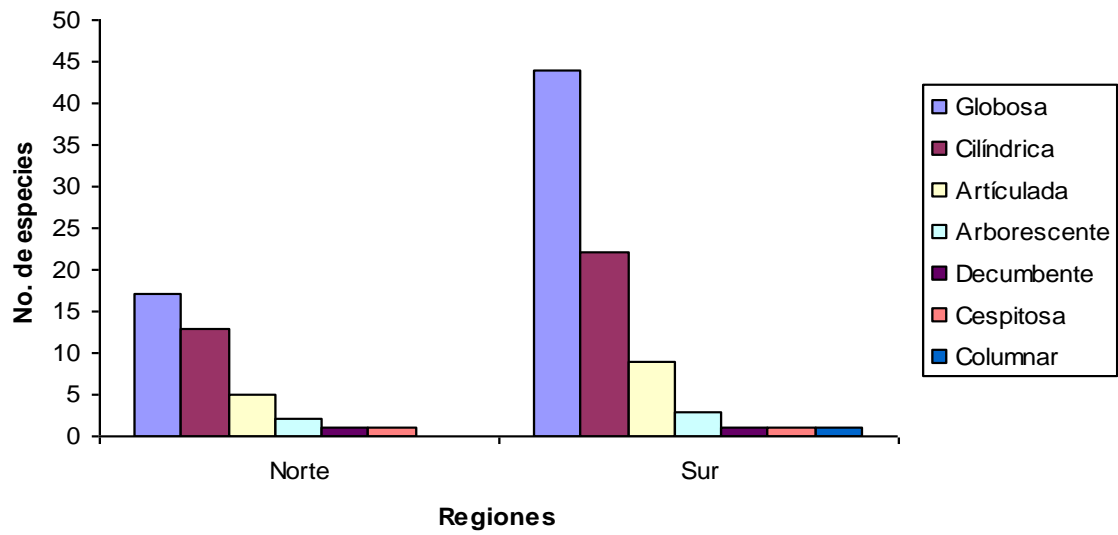


Figura 28. Comparación de las formas biológicas de las región Norte y Sur de Nuevo León.

La distribución de las especies por provincia fisiográfica también es importante, ya que la comparación de riqueza de especies entre las provincias Gran Llanura de Norte América, La Llanura Costera del Golfo Norte y la Sierra Madre Oriental indica que la Provincia Sierra Madre Oriental es en la que se presenta la mayor distribución de especies, seguida por la Llanura Costera del Golfo Norte y por último La Gran Llanura de Norte América (ver Figura 27). Esto es comprensible ya que la provincia con la mayor riqueza comprende el Sur de Estado.

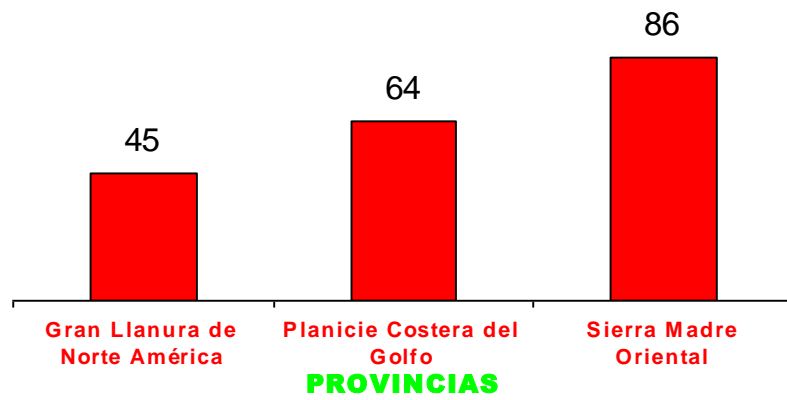


Figura 29. Estimación del número de especies de cactáceas por provincia fisiográfica en Nuevo León.

6.1.3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD

Se realizó un análisis de los datos con el índice de Jaccar (Magurran, 1989) para establecer el grado de similitud entre cuadrantes y para conocer cuales de estos presentan una similitud con respecto a las especies presentes. Como se aprecia en el cuadro 2 los resultados indican para la relación entre algunos cuadrantes un índice de similitud regular y aceptable para otros. Aquí estamos sugiriendo que el índice con valor de 1 es excelente, con 0.9 muy bueno, 0.8 bueno, 0.7 regular, 0.6 a 0.5 aceptable y de similitud nula por debajo de 0.5.

Algunos de los valores que se presentan en el cuadro 2 indican con un asterisco (como superíndice) que son los que se consideran con una similitud regular y los que tienen asterisco como subíndice son aquellos que presentan una similitud aceptable. El resto de los valores sin asterisco son de similitud nula.

El análisis generado para los cuadrantes indicó, por ejemplo, que el cuadrante uno, que corresponde a Anáhuac, guarda una estrecha relación de similitud entre especies con los cuadrantes 2, 3, 4, 5, 16, 18 y 20, y con los cuadrantes 27, 28, 29 y 30 no presenta ninguna afinidad. Esta información permite decir que las especies presentan condiciones similares de tipo ecológicas, tanto de clima como vegetación, donde es frecuente encontrar matorrales altos subinermes y no así para los intermedios que son del 6 al 15 con vegetación mediano y bajo subinorme y abiertos. El primer grupo corresponde a los municipios de Anáhuac, Colombia y lampazos, y el segundo grupo a Hualahuises y Linares (para más detalles en los resultados ver Tabla 3).

Los índices que se generaron, de acuerdo a su fundamento general están diseñados para ser igual a uno en caso de similitud completa (en el caso de que los dos cuadrantes que se comparan tengan las series de especies idénticas y en número) e igual a cero si los cuadrantes son disimilares y no tienen especies en común.

TABLA III

Análisis del Índice de similitud de Jactar para comparar los cuadrantes que conformaron al estado de Nuevo León con el fin de establecer semejanza entre ellos por medio de la presencia-ausencia de especies de cactáceas.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|---|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| 1 | * | 0.71 | 0.50* | 0.69* | 0.57* | 0.33 | 0.46 | 0.42 | 0.39 | 0.28 | 0.38 | 0.56* | 0.47 | 0.21 | 0.29 |
| 2 | | * | 0.58* | 0.59* | 0.57* | 0.26 | 0.46 | 0.42 | 0.33 | 0.24 | 0.38 | 0.75 | 0.47 | 0.24 | 0.38 |
| 3 | | | * | 0.57* | 0.40 | 0.30 | 0.46 | 0.38 | 0.36 | 0.30 | 0.44 | 0.55* | 0.42 | 0.34 | 0.43 |
| 4 | | | | * | 0.39 | 0.42 | 0.52* | 0.42 | 0.44 | 0.35 | 0.48 | 0.63* | 0.35 | 0.29 | 0.38 |
| 5 | | | | | * | 0.22 | 0.30 | 0.33 | 0.26 | 0.20 | 0.27 | 0.53* | 0.63* | 0.22 | 0.24 |
| 6 | | | | | | * | 0.39 | 0.31 | 0.44 | 0.24 | 0.33 | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.22 |
| 7 | | | | | | | * | 0.62 | 0.47 | 0.31 | 0.55* | 0.44 | 0.33 | 0.20 | 0.44 |
| 8 | | | | | | | | * | 0.44 | 0.27 | 0.47 | 0.46 | 0.36 | 0.19 | 0.32 |
| 9 | | | | | | | | | * | 0.40 | 0.53* | 0.33 | 0.29 | 0.36 | 0.37 |
| 10 | | | | | | | | | | * | 0.43 | 0.28 | 0.28 | 0.45 | 0.34 |
| 11 | | | | | | | | | | | * | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.50* |
| 12 | | | | | | | | | | | | * | 0.46 | 0.25 | 0.41 |
| 13 | | | | | | | | | | | | | * | 0.29 | 0.33 |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | * | 0.36 |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | * |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | |

TABLA III (Continuación)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 1 | 0.52* | 0.36 | 0.65* | 0.17 | 0.53* | 0.42 | 0.44 | 0.06 | 0.10 | 0.43 | 0.09 | 0.08 | 0.12 | 0.06 | 0.09 |
| 2 | 0.52* | 0.43 | 0.65* | 0.17 | 0.53* | 0.50* | 0.44 | 0.08 | 0.16 | 0.50* | 0.12 | 0.12 | 0.14 | 0.06 | 0.13 |
| 3 | 0.65* | 0.44 | 0.55* | 0.18 | 0.52* | 0.38 | 0.62* | 0.11 | 0.16 | 0.57* | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.08 | 0.16 |
| 4 | 0.59* | 0.38 | 0.55* | 0.20 | 0.53* | 0.36 | 0.44 | 0.10 | 0.09 | 0.44 | 0.13 | 0.09 | 0.13 | 0.06 | 0.13 |
| 5 | 0.36 | 0.40 | 0.53* | 0.19 | 0.33 | 0.47 | 0.31 | 0.06 | 0.14 | 0.40 | 0.10 | 0.08 | 0.12 | 0.03 | 0.11 |
| 6 | 0.39 | 0.20 | 0.27 | 0.17 | 0.37 | 0.17 | 0.29 | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.09 | 0.04 | 0.09 | 0.03 | 0.09 |
| 7 | 0.54* | 0.41 | 0.44 | 0.13 | 0.42 | 0.35 | 0.42 | 0.20 | 0.18 | 0.41 | 0.20 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.23 |
| 8 | 0.50* | 0.43 | 0.58* | 0.12 | 0.33 | 0.42 | 0.48 | 0.15 | 0.15 | 0.43 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.10 | 0.17 |
| 9 | 0.52* | 0.27 | 0.33 | 0.22 | 0.31 | 0.22 | 0.41 | 0.20 | 0.17 | 0.24 | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.19 |
| 10 | 0.31 | 0.21 | 0.25 | 0.15 | 0.23 | 0.17 | 0.31 | 0.33 | 0.25 | 0.21 | 0.35 | 0.28 | 0.33 | 0.20 | 0.42 |
| 11 | 0.66* | 0.35 | 0.42 | 0.27 | 0.40 | 0.30 | 0.49 | 0.21 | 0.22 | 0.39 | 0.25 | 0.20 | 0.25 | 0.19 | 0.31 |
| 12 | 0.50* | 0.48 | 0.60* | 0.15 | 0.43 | 0.55* | 0.38 | 0.10 | 0.14 | 0.42 | 0.13 | 0.16 | 0.13 | 0.06 | 0.15 |
| 13 | 0.39 | 0.62* | 0.52* | 0.15 | 0.36 | 0.55* | 0.43 | 0.08 | 0.17 | 0.48 | 0.11 | 0.09 | 0.15 | 0.06 | 0.15 |
| 14 | 0.36 | 0.24 | 0.25 | 0.19 | 0.23 | 0.16 | 0.36 | 0.21 | 0.25 | 0.31 | 0.23 | 0.22 | 0.29 | 0.16 | 0.31 |
| 15 | 0.49 | 0.32 | 0.30 | 0.18 | 0.35 | 0.27 | 0.40 | 0.18 | 0.23 | 0.35 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.13 | 0.25 |
| 16 | * | 0.36 | 0.57* | 0.25 | 0.48 | 0.40 | 0.57* | 0.15 | 0.21 | 0.46 | 0.18 | 0.17 | 0.20 | 0.14 | 0.18 |
| 17 | | * | 0.55* | 0.22 | 0.39 | 0.50* | 0.45 | 0.14 | 0.14 | 0.44 | 0.21 | 0.17 | 0.19 | 0.14 | 0.19 |
| 18 | | | * | 0.19 | 0.50* | 0.55* | 0.60* | 0.08 | 0.14 | 0.48 | 0.15 | 0.11 | 0.17 | 0.09 | 0.12 |
| 19 | | | | * | 0.16 | 0.15 | 0.22 | 0.19 | 0.24 | 0.14 | 0.25 | 0.23 | 0.17 | 0.23 | 0.23 |
| 20 | | | | | * | 0.32 | 0.52* | 0.08 | 0.10 | 0.46 | 0.15 | 0.10 | 0.15 | 0.06 | 0.15 |
| 21 | | | | | | * | 0.35 | 0.08 | 0.12 | 0.50* | 0.11 | 0.12 | 0.15 | 0.06 | 0.10 |
| 22 | | | | | | | * | 0.10 | 0.19 | 0.62* | 0.21 | 0.18 | 0.21 | 0.10 | 0.19 |
| 23 | | | | | | | | * | 0.38 | 0.07 | 0.50* | 0.47 | 0.50* | 0.40 | 0.57* |
| 24 | | | | | | | | | * | 0.14 | 0.30 | 0.39 | 0.35 | 0.29 | 0.37 |
| 25 | | | | | | | | | | * | 0.14 | 0.13 | 0.16 | 0.05 | 0.16 |
| 26 | | | | | | | | | | | * | 0.51* | 0.56* | 0.33 | 0.57* |
| 27 | | | | | | | | | | | | * | 0.39 | 0.41 | 0.61* |
| 28 | | | | | | | | | | | | | * | 0.26 | 0.49 |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | * | 0.36 |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | * |

CAPÍTULO 7

7.1. RESULTADOS

7.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

7.1.1.1. CORRELACIÓN

El análisis de correlación de Pearson indica que al establecer una correlación entre las diferentes variables con las especies por sitio (ESPTRAN) da como resultado que tanto el clima y la altitud presentan una correlación significativa al nivel del .01 (ver cuadro 3); indica que existe una clara asociación de tales variables con respecto al número de especies por sitio. Asimismo se presenta dependencia para ciertas variables a partir de la prueba de *Chi cuadrada* (ver cuadros 5 al 8).

El clima presenta una correlación con las variables especies por transecto, sitio, altitud e índice de aridez. Esto se interpreta de la siguiente manera, el clima influye en la riqueza de especies debido a la distribución de la temperatura y precipitación. Una precipitación alta afecta la fisiología del cactus. Pudiera interpretarse también como que a mayor temperatura mayor riqueza como sucedió con los resultados de la región Sur con respecto al Norte. El sitio se ubica en el mismo contexto. Para el caso de la altitud se tiene que a mayor altitud se presenta una menor temperatura y conduce a que sea menor el número de especies como sucede en el Cerro el Potosí, Galeana que a mayor altitud menor temperatura y por consiguiente menos riqueza de cactáceas. Por otro lado el índice de aridez esta estrechamente relacionado con los factores de temperatura y

precipitación ya que en áreas con una acentuada aridez es mayor la diversidad de elementos lactíferos, como se registró para los municipios de Mina Aramberri. Por lo tanto existe dependencia entre estas variables (ver cuadros 5 y 8).

La vegetación guarda una correlación negativa con el suelo, pero no así con las demás variables, sin embargo no existe una dependencia de acuerdo a la Chi cuadrada (ver cuadro 5). Las especies por transecto guardan una relación con la altitud y el sitio. Por último el sitio tiene una asociación con la altitud lo cual indica que a menor altitud mayor diversidad y quizás esto tiene relación con respecto a los trópicos que conforme te alejas de la parte tropical disminuye la riqueza florística.

El índice de aridez calculado indica que la sequía aumenta de sureste a noroeste y de oriente a poniente, por lo cual se presenta una zona semiárida en el suroeste y una muy árida en el noroeste y parte centro oriental, una zona árida hacia el norte y suroeste y una muy árida en el noroeste, especialmente en lo que corresponde a los municipios de Mina y García y una muy húmeda en Santiago. Como se aprecia en el cuadro 3 los resultados indican una correlación con el clima y en las otras variables estudiadas así como en la prueba de Chi cuadrada, pero no así con el resto de las demás variables.

TABLA IV

Análisis de correlación de Pearson para las variables generadas para el estado de Nuevo León.

| | | CLIMA | VEGET. | ESPTRAN | SITIO | SUELO | ALTITUD | INARIDES |
|----------|---------------------|--------|--------|---------|--------|-------|---------|----------|
| CLIMA | Pearson Correlación | 1,000 | ,065 | ,475 | ,799 | -,089 | ,610 | ,308 |
| | Sig. (2-colas) | , | ,479 | ,000 | ,000 | ,334 | ,000 | ,001 |
| | N | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| VEGET. | Pearson Correlación | ,065 | 1,000 | ,002 | ,013 | -,193 | ,127 | -,076 |
| | Sig. (2-colas) | ,479 | , | ,983 | ,890 | ,035 | ,167 | ,412 |
| | N | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| ESPTRAN | Pearson Correlación | ,475** | ,002 | 1,000 | ,509 | ,004 | ,577 | ,005 |
| | Sig. (2-colas) | ,000 | ,983 | , | ,000 | ,969 | ,000 | ,955 |
| | N | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| SITIO | Pearson Correlación | ,799** | ,013 | ,509** | 1,000 | ,025 | ,568 | ,218 |
| | Sig. (2-colas) | ,000 | ,890 | ,000 | , | ,791 | ,000 | ,017 |
| | N | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| SUELO | Pearson Correlación | -,089 | -,193* | ,004 | ,025 | 1,000 | -,008 | -,120 |
| | Sig. (2-colas) | ,334 | ,035 | ,969 | ,791 | , | ,928 | ,193 |
| | N | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| ALTITUD | Pearson Correlación | ,610** | ,127 | ,577** | ,568** | -,008 | 1,000 | ,084 |
| | Sig. (2-colas) | ,000 | ,167 | ,000 | ,000 | ,928 | , | ,360 |
| | N | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| INARIDES | Pearson Correlación | ,308** | -,076 | ,005 | ,218 | -,120 | ,084 | 1,000 |
| | Sig. (2-colas) | ,001 | ,412 | ,955 | ,017 | ,193 | ,360 | , |
| | N | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |

** La correlación es significativa a nivel de 0.01.

* La correlación es significativa a nivel de 0.05.

TABLA V.

Evaluación de la prueba de Chi-cuadrada para la variable clima.

| | Value | Df | Asymp. Sig. (2-sided) |
|------------------------------|---------|-----|-----------------------|
| Pearson Chi-Square | 454.828 | 408 | .054 |
| Likelihood Ratio | 251.650 | 408 | 1.000 |
| Linear-by-Linear Association | .001 | 1 | .969 |
| N of Valid Cases | 120 | | |

TABLA VI

Evaluación de la prueba de Chi-cuadrada para la variable vegetación.

| | Valores | G.L | Asymp. Sig. (2-sided) |
|------------------------------|---------|-----|-----------------------|
| Pearson Chi-Square | 279.683 | 216 | .002 |
| Likelihood Ratio | 190.662 | 216 | .892 |
| Linear-by-Linear Association | 26.800 | 1 | .000 |
| N of Valid Cases | 120 | | |

a 250 cells (100.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .02.

TABLA VII

Evaluación de la prueba de Chi-cuadrada para la variable suelo.

| | Value | Df | Asymp. Sig. (2-sided) |
|------------------------------|---------|-----|-----------------------|
| Pearson Chi-Square | 332.451 | 288 | .037 |
| Likelihood Ratio | 216.609 | 288 | .999 |
| Linear-by-Linear Association | .000 | 1 | .983 |
| N of Valid Cases | 120 | | |

a 325 cells (100.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .01.

TABLA VIII

Evaluación de la prueba de Chi-cuadrada para la variable altitud.

| | Value | Df | Asymp. Sig. (2-sided) |
|------------------------------|---------|-----|-----------------------|
| Pearson Chi-Square | 286.002 | 144 | .000 |
| Likelihood Ratio | 165.637 | 144 | .105 |
| Linear-by-Linear Association | 39.653 | 1 | .000 |
| N of Valid Cases | 120 | | |

a 175 cells (100.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .02.

7.1.2. ANÁLISIS DE CLOSTER

El análisis de Cluster reafirma la correlación existente entre las variables en estudio. Este indica que existe una correlación significativa y dependencia entre las variables clima y altitud contra las especies por transecto (ESPTRAN) (ver Figura 13). Estos resultados comprueban lo existente en muchos textos ecológicos que tratan sobre las interacciones o influencia del clima sobre especies o vegetación y se menciona que el clima influye en la distribución. Asimismo la altitud es otro de los parámetros que influyen en la distribución, por ejemplo la especie *Echinocereus knippelianus* se localizó entre los 2000 y 3000 m de altitud.

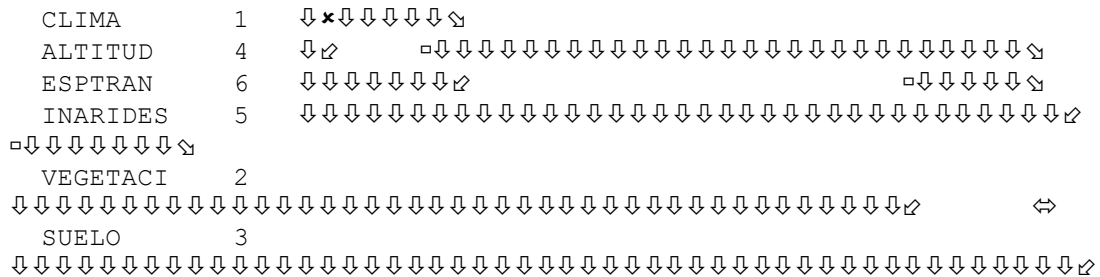


Figura 30. Diagrama del análisis de Cluster para las variables generadas para Nuevo León, en el que se utiliza un promedio de enlace entre grupos.

CAPÍTULO 8

8.1. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CACTÁCEAS

8.1.1. CONCLUSIONES

Se registró para Nuevo León un total de 141 taxa de las cuales 127 son especies y 14 subespecies, incluidas en 31 géneros. La diversidad y la distribución de las especies esta dada por las condiciones del relieve, clima y suelo.

Se localizaron cactáceas tanto en bosques como en los diferentes tipos de matorral, sin embargo, el mayor número de especies se determinó en los matorrales de tipo desértico, principalmente en los municipios de Mina y Aramberri, seguidos de Galeana, Doctor Arroyo y Mier y Noriega. Además se determinó que algunas especies se desarrollan en cierto tipo de suelo y a una altitud particular y en el caso del índice de aridez, este no influyó en la distribución de las especies por los transectos. Destacan por su importancia en diversidad de especies los géneros *Mammillaria*, *Echinocereus*, *Coryphantha* y *Opuntia*.

Siguiendo el orden de los objetivos se tiene que la mayor riqueza de especies se localizó en la región Sur del Estado, de igual manera para esta región se tiene que existe una mayor diversidad de formas biológicas o de vida, destacando la forma globosa. Tal región se encuentra comprendida por las zonas áridas y semiáridas, ecosistemas en los

que las cactáceas encuentran las condiciones favorables de germinación, desarrollo y crecimiento, lo cual conlleva a una sobrevivencia y adaptación a estos ambientes. Lo anterior concuerda con Bravo *et al* (1978) sobre que las cactáceas están representadas en los distintos tipos de vegetación indicados a cuya ecología se fueron adaptando en el transcurso del tiempo adquiriendo formas y hábitats diversos; pero es en los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas donde están distribuidos el mayor número de géneros y especies. Esto también se enriquece con lo dicho por Rojas (1965) de que debido a la situación geográfica el aspecto de la mayor parte de la vegetación de Nuevo León indica aridez, pero la presencia de la Sierra Madre oriental que corre de noroeste a sureste, en términos generales, determina la presencia de tipos de vegetación mesofíticos con mayores requerimientos hídricos. En esta área mesofítica se ve reducido la riqueza de especies.

Ciertas especies presentan una distribución en hábitats muy específicos, debidos principalmente al tipo de suelo, altitud, vegetación y radiación solar. Además, tiene que existen algunas especies con distribución en todo el Estado y de otras únicamente en el Sur o en el Norte y otras que son endémicas.

Algunas especies no se localizaron, ya que los sitios de muestreo fueron ubicados de manera aleatoria y no de manera sistemática, buscando los sitios donde estuvieran presentes las cactáceas, particularmente las amenazadas. Por lo tanto, se incluyeron algunas, tomando en consideración literatura de consulta especializada.

El clima presenta una correlación con las variables especies por transecto, sitio,

altitud e índice de aridez. Esto se interpreta de la siguiente manera, el clima influye en la riqueza de especies debido a la distribución de la temperatura y precipitación. A mayor altitud se presenta una menor temperatura y por lo tanto menor diversidad de especies. Asimismo el índice de aridez esta estrechamente relacionado con los factores de temperatura y precipitación ya que en áreas con una acentuada aridez es mayor la diversidad de elementos cactíferos. En suma existe una correlación y dependencia entre las anteriores variables. La vegetación guarda una correlación negativa con el suelo, pero no así dependencia. Las especies por transecto conservan una clara asociación con la altitud y el sitio. Por último el sitio tiene una asociación con la altitud lo cual indica que a menor altitud mayor diversidad cactológica. El índice de aridez presenta únicamente asociación con el clima. Por último, se concluye que la distribución de las especies de la familia Cactaceae esta dada en mayor o menor grado por las variables estudiadas.

CAPÍTULO 9

9.1. DISCUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CACTÁCEAS

9.1.1. DISCUSIONES

Para este estudio se determinó que a través de la curva de acumulación de especies el método de muestreo es confiable, ya que la curva presenta una tendencia asintótica. Asimismo, en otros estudios como es el de Gómez Hinostrosa (1998) y Gómez Hinostrosa *et al* (2000) en el que analiza la diversidad, distribución y abundancia de cactáceas se corrobora lo dicho anteriormente ya que determinó en su investigación que el método de colecta o muestreo es confiable.

Para Nuevo León se registraron 141 taxa de las cuales 127 son especies y 14 subespecies, incluidas en 31 géneros. El número de taxa para México, de acuerdo a Ulises *et al* (2003) es de 913, entre especies (669) y subespecies (244), agrupadas en 63 géneros. Hernández y Godínez (1994) mencionan que Hunt (1992) reconoce 559; Bravo (1978) y Bravo y Sanchez Mejorada (1991a,b) consideran 774 especies. Respecto a la distribución por Estado (Ulises *op cit*) consideran a Nuevo León con 118 especies junto con Oaxaca; San Luis Potosí alberga el mayor número de especies y géneros. Barthlott y Hunt *in kubitzki et al* (1993) mencionan que la familia Cactaceae esta confinada al nuevo mundo y que comprende alrededor de 100 géneros y 1500 especies.

El inventario se justifica y se acepta ya que no existe ninguno en la actualidad que haya sido publicado y la diversidad esta dado por las condiciones del relieve, clima y suelo, como se presenta para otros grupos de plantas vasculares (Estrada, 2005).

En cuanto a las formas de vida se tiene que la forma globosa es la que más se presentó en las cactáceas, principalmente en la región Sur y en la Provincia de la Sierra Madre Oriental, donde predominan las zonas áridas y semiáridas, teniendo aquí a parte del desierto chihuahuense. Las cactáceas en su migración al llegar al desierto chihuahuense donde existen climas *desérticos*, adquirieron formas globosas pequeñas y que algunos de estos cactus pequeños existen en bosques caducifolios, posiblemente emigrados de zonas más xerófitas como plantas invasoras (Bravo y Scheinvar, 1999). En la provincia de la sierra madre se localizan globosas en los bosques de pinos, principalmente en espacios abiertos (sin cobertura) y en áreas abiertas con afloramientos de roca madre.

Los géneros que destacan en Nuevo León por el número de especies son *Mammillaria*, *Echinocereus*, *Opuntia* y *Echinocereus*. Estos mismos géneros son reportados de igual manera, aunque en valores de importancia diferentes, en otras áreas de estudio (Hernández *et al.*, 1994; Gómez, 1998; Hernández *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2005).

El análisis de los cuadrantes, a partir de una expresión matemática (Índice de Jaccard) permitió determinar similitud entre ellos, el cual se basó en la relación de presencia-ausencia entre el número de especies comunes y en el número total de

especies (Huerta *et al*, 2004). Este Índice detectó áreas que pudieran proponerse como prioritarias para su conservación, como es el caso de los más diversos, tales como los cuadrantes de Mina, Aramberri, Dr. Arroyo y Mier y Noriega en los que se encuentran especies que están en algún tipo de riesgo de acuerdo a la IUCN-1998 y en la NOM-059.2002, de igual manera se localizan áreas donde se presentan endemismos restringidos, como en Galeana, Rayones y Zaragoza, en donde, para el primero se distribuye el género *Aztekium* y *Geohintonia*; en el segundo Municipio *Aztekium* y *Ariocarpus* y en el último *Turbinicarpus zaragozae* y en otras localidades se encuentra *Digitostigma caput-medusae* y *Echinocereus knippelianus*. Además de lo anterior, también indicó que el cuadrante uno, que corresponde a Anáhuac, guarda una estrecha relación de similitud entre especies con los cuadrantes 2, 3, 4, 5, 16, 18 y 20, y con los cuadrantes 27, 28, 29 y 30 no presenta afinidad. Esta información permite decir que las especies presentan condiciones similares de tipo ecológicas, tanto de clima como vegetación, donde es frecuente encontrar matorrales altos subinermes y no así para los intermedios que son del 6 al 15 con vegetación mediano y bajo subinorme y abiertos. El primer grupo corresponde a los municipios de Anáhuac, Colombia y Lampazos, y el segundo grupo a Hualahuises y Linares. De la misma manera se presenta para el Sur del estado de Nuevo León.

La correlación de las variables indicó una asociación y dependencia significativa al 1% de significancia. Esto indica que existe influencia en la distribución de las especies de cactáceas, por lo tanto, se acepta la hipótesis de la influencia que guardan las variables con respecto a la distribución de las cactáceas en el estado de Nuevo León. González Medrano (2004), de forma general, considera, de acuerdo a Hernández

xolocotzi, 1963; Flores Mata, 1971; Rzedowski, 1978;), que la distribución de comunidades de especies, composición florística y por especies esta determinada por características del clima y suelo. Asimismo menciona que las correlaciones suelo-vegetación así como por el sustrato geológico son evidencias en zonas áridas y semiáridas. Se destaca que estas zonas representan aproximadamente un 70% en el estado de Nuevo León.

El análisis de Cluster confirma la asociación existente entre las variables en estudio, ya que presenta una correlación significativa y dependencia entre las variables clima y altitud contra las especies por transecto (ESPTRAN) (ver Figura 13). Estos resultados comprueban lo existente en muchos textos ecológicos que tratan sobre las interacciones o influencia del clima sobre especies o vegetación y se menciona que el clima influye en la distribución (Huerta et al., 2004; Medrano et al., 2004). Asimismo la altitud es otro de los parámetros que influyen en la distribución, por ejemplo la especie *Echinocereus knippelianus* se localizó entre los 2200 y 3000 m de altitud.

9.1.2. RECOMENDACIONES

La familia de las cactáceas es posiblemente el grupo más amenazado del reino vegetal, ya que se ha estimado que el 35% de estas especies mexicanas están amenazadas; implicando lo anterior un antecedente con pleno sustento para recomendar los taxa de esta familia como prioritarias para su conservación. Esto se fundamenta en el hecho de que en el Estado se registró la presencia de 26 especies equivalente a un 18% que se encuentran en un estatus de riesgo de acuerdo a la NOM-059-ECOL-2001 y IUCN de Especies Amenazadas

Es importante mencionar que se deben seguir realizando muestreos en el Estado, para tener un mayor acierto en la riqueza de las especies de cactáceas, ya que aún se siguen teniendo nuevos registros, tanto para el Estado como para la ciencia como es el caso de *Digitostigma caput-medusae* (al parecer actualmente cambió de género).

Asimismo se recomienda tomar otras variables que contribuyan a determinar la distribución de las cactáceas con mayor precisión desde el punto de vista estadístico como el sustrato geológico, la exposición, humedad y la intensidad de luz.

Se recomienda establecer estrategias que conlleven a establecer normas, reglas o leyes que permitan que una planta sea representada en un herbario por otro medio que no sea el de coleccionar de manera total o parcial el individuo o individuos. La razón del planteamiento es que se ha visto que investigadores o estudiosos en este grupo de plantas coleccionan de manera indiscriminada, como el caso de extranjeros que se les ha

detenido en campo por autoridades por carecer del permiso de colecta o por sobre colecta del material vegetal.

Se recomienda establecer otros índices que cuantifiquen la riqueza de especies y la afinidad entre poblaciones o regiones o entre factores bióticos y abióticos.

Se recomienda el seguimiento de este estudio ya que aunque arrojo resultados importantes se deben de incluir, además de las ya estudiadas, otras que contribuyan a ampliar más el panorama sobre la interacción de factores físicos y biológicos sobre este grupo de plantas que resultan ser importantes en nuestra sociedad.

9. LITERATURA CITADA

- Alanís, G., G. Cano, M. Rovalo. 1996. Vegetación y Flora de Nuevo León “Una guía botánico-ecológica. Impresora Monterrey, S.A. de C.V. 251 pp.
- Anderson, Eduard F. 2001. The Cactus Family. Timber Press, Portland. 776 pp.
- Anuario Estadístico. 2002. Nuevo León, SAGARPA.
- Arias, S. 1997. Distribución general. En Suculentas Mexicanas: Cactáceas. CONABIO. SEMARNAT. UNAM. 17-25.
- Anderson, Edward, S. Arias, N. P. Taylor. 1994. Threatened cacti of Mexico. Volume two. Royal Botanic Gardens. 135 pp.
- Becerra, R. 2003. *Biodiversitas* “Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza”. No. 32.
- Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. Vol. I. 743 pp.
- Bravo, H. y H. Sánchez-Mejorada 1a. 1991. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. Vol. II. 404 pp.
- Bravo, H. y H. Sánchez-Mejorada 1b. 1991. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. Vol. III. 643 pp.
- Briones, O. L. 1984. Sinecología y florística de Lampazos de Naranjo, Nuevo León (México), con énfasis en la Gran Llanura. Tesis inédita, Biólogos. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 81 pp.
- Cavazos, C. 1997. Estudio de las comunidades vegetales de los márgenes del Río Cabezones-Conchos en el Estado de Nuevo León, México. Tesis Inédita

Biólogos. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 45 pp.

Cody, M. 1993. Do cholla cacti. (*Opuntia* spp. subgenus *Cylindropuntia*) use or need nurse plants in the Mojave Desert. *J. Arid Environ.* 24: 139-154.

Elizondo, Jorge L. 1979. Contribución al conocimiento florístico-ecológico y utilización de las cactáceas del Municipio de Mina, Nuevo León, México. Tesis inédita Biólogos. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 77 pp.

Estrada, E., Villareal, J. y Jurado, E. 2005. Leguminosas del Norte del Estado de Nuevo León. *Act. Bot. Mex.* 73: 1-18.

Evans, D. and J. Thomas. 1981. Water in desert ecosystems. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. US/IBP Synthesis. 11: 280.

Ezcurra, Ezequiel & Lopez Portillo, Jorge. 1987. The desert vegetation of El Pinacate, Sonora, Mexico. *Vegetation.* 71: 49-60.

Franco, A. and P. Novel. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *Journal Ecology.* 77: 870-886.

Gauch, Jr. H. G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. New York: Cambridge University Press. 298 pp.

Gold, D. B. 1969. Las cactáceas del estado de Nuevo León. *Cact. Suc. Mex.* Tomo XIV: 4: 79-81.

Gómez, C. 1998. Diversidad, distribución y abundancia de cactáceas en la región de Mier y Noriega, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Inédita. Facultad de Ciencias, UNAM. 49 pp.

Gómez and Hernández. 2000. Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. *Biodiversity and Conservation.* 9: 403-418.

Guzmán L. U. y Arias. S. 1989. Claves para la identificación de las cactáceas de

México. Compilación. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Edición por la Sociedad Mexicana de Cactología A. C. Número Especial 3. 91 pp.

Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Primera edición. UNAM. CONABIO. 11-315.

Hernández, H. M. 1997. 1997. México y su Diversidad Biológica. La Jornada Ecológica: Las Cactáceas Mexicanas. 54: 2-3.

Hernández, H. M. and R. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution Patterns. *Conservation Biology*. 9:5: 1176-1188.

Hernandez, H. M. and R. Barcenass. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: II. Biogeography and conservation. *Conservation Biology*. 10:4: 1200-1209.

Hernández, H. M. y H. 1994. Godínez. Contribución a las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 26. 33-52.

Hernández, H. and Gomez, C. 2005. Cactus diversity and endemism in the Chihuahuan desert region In: Biodiversity, Ecosystems, and conservation in northern Mexico. Book knowledge, Cartron J., Ceballos G. and Stephen R. OXFORD, University Press. 264.-275.

Hernández, R. E. 1981. Cactáceas de Doctor Arroyo, Nuevo León, México, su utilización y notas ecológicas. Tesis inédita Biólogos. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 100 pp.

Hernández, Trinidad. 1997. Cactáceas de la Reserva de la Biósfera el Cielo, Tamaulipas. *Cact. Suc. Mex.* Tomo XLII. 62-66.

Hernández, H., V. Alvarado y R. Ibarra. 1993. Base de Datos de Colecciones de Cactáceas de Norte y Centroamérica. *Anales Inst. Biol. U. N. A. M. Ser. Bot.* 64 (2): 87-94.

Herskovitz, M. & Zimmer, 1997. E. On the evolutionary origins of the cacti. *Taxon* 46: 117-232.

- Hinton, J. and Hinton, G. S. 1995. Checklist of Hinton's Collections of the Flora of South-Center Nuevo Leon and Adjacent Coahuila. *Acta Botánica Mexicana*. 30:41-112.
- Hunt, David. 1999. C.I.T.E.S. "Cactaceae" Checklist. Second edition. pp.
- Huschle, Gary and Hironaka, M. 1980. Classification and ordination of seral plant communities. *Journal of range Management*. Vol. 33, Num. 3. 179-181.
- IUCN. 2002. Red List of threatened Species. 862 pp.
- León, J. L. y A. Valiente-Banuet. 1980. Las cactáceas un recurso natural diverso y predominantemente mexicano. *Ciencia y Desarrollo, CONACYT*. 117. pp 58-65.
- Ludwig, J. & Reynolds, J. 1988. *Statistical ecology a primer on methods and computing*. 125-144.
- Magurran, A. E. 1989. *Ecological diversity and its measurement*. first edition. 200 pp.
- Maldonado, L., P. Rojas, J. Nagao, J. Sánchez. 1973. Descripción de tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero para el estado de Nuevo León. Secretaría de Agricultura y ganadería Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. COTECOCA. 190 pp.
- Manzano, M. G. & Navar, José. 2000. procesos of desertification by goats overgrazing in the Tamaulipan thornscrubs (matorral) in north-eastern Mexico. *Journal Arid Environments*. 1-17.
- Mourelle, C. and E. Ezcurra. 1996. Species richness of Argentine cacti: A test of biogeographic hypotheses. *Journal of Vegetation Science*. 7: 667-680.
- Mullerried, F. K. G. 1944. Geología del Estado de Nuevo León, "Geología de la parte norte". *Anal. Inst. Cient. Monterrey. Universidad de Nuevo León*. 1(1): 167-199.

- Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. By John & Sons, Inc.
- Rocha, Luis. 2002. Las Cactáceas del Cerro del Potosí. Quinto Congreso Mexicano y Sexto del Caribe sobre Cactáceas y otras Suculentas. Ciudad Victoria, Tamaulipas.
- Rocha, Luis. 2000. Cactoflora de la Región Norte del estado de Nuevo León, México. Séptima Semana Nacional de Ciencia y Tecnología. Linares, Nuevo León.
- Rojas, P. 1965. Generalidades sobre la vegetación del Estado de Nuevo León y datos acerca de su flora. Tesis Doctoral, UNAM. 96 pp.
- Rzedowki, Jerzy. 1978. Vegetación de México. Primera edición. Editorial Limusa. 432 pp.
- Sauceda, Javier. 1985. Estudio florístico, ecológico y utilizable de las cactáceas del Municipio de García, Nuevo León, México. Tesis inédita Biólogos. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 67 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 1-85.
- SPP. 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. INEGI. Primera reimpresión. 170 pp.
- Taylor, N. P. 1985. The Genus *Echinocereus*. The royal Botanical Garden, Kew in Association With Timber Press. 160 pp.
- Uvalle, J. 1998. Evaluación del hábitat y de las poblaciones del venado bura del desierto (*Odocoileus hemionus* Crooki) en la región cinegética tres del Estado de Coahuila. Tesis inédita. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 96 pp.

UICN. 1997. Red List of Threatened Plants. Magnoliopsida (Dicotyledonae) Cactaceae.
92-107.

10. APÉNDICE

ESPTRAN * CLIMA

| | | | CLIMA | | | | | | | | | | Total |
|------|-------|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| ESPT | 5.00 | Count | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| RAN | | % within ESPTRAN | | | 100,0% | | | | | | | | 100,0% |
| | | % within CLIMA | | | 14,3% | | | | | | | | .8% |
| | | % of Total | | | .8% | | | | | | | | .8% |
| | 6.00 | Count | 4 | | | | | 1 | | | | | 5 |
| | | % within ESPTRAN | 80,0% | | | | | 20,0% | | | | | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 12,5% | | | | | 11,1% | | | | | 4,2% |
| | | % of Total | 3,3% | | | | | .8% | | | | | 4,2% |
| | 7.00 | Count | 6 | | 2 | 1 | | | | | | | 9 |
| | | % within ESPTRAN | 66,7% | | 22,2% | 11,1% | | | | | | | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 18,8% | | 28,6% | 2,7% | | | | | | | 7,5% |
| | | % of Total | 5,0% | | 1,7% | .8% | | | | | | | 7,5% |
| | 8.00 | Count | 5 | 1 | 1 | 3 | | | | | | 1 | 11 |
| | | % within ESPTRAN | 45,5% | 9,1% | 9,1% | 27,3% | | | | | | 9,1% | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 15,6% | 50,0% | 14,3% | 8,1% | | | | | | 10,0% | 9,2% |
| | | % of Total | 4,2% | .8% | .8% | 2,5% | | | | | | .8% | 9,2% |
| | 9.00 | Count | 5 | | 1 | 2 | | 1 | | | 1 | | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 50,0% | | 10,0% | 20,0% | | 10,0% | | | 10,0% | | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 15,6% | | 14,3% | 5,4% | | 11,1% | | | 25,0% | | 8,3% |
| | | % of Total | 4,2% | | .8% | 1,7% | | .8% | | | .8% | | 8,3% |
| | 10.00 | Count | 3 | | | 4 | | | | 1 | | | 8 |
| | | % within ESPTRAN | 37,5% | | | 50,0% | | | | 12,5% | | | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 9,4% | | | 10,8% | | | | 8,3% | | | 6,7% |
| | | % of Total | 2,5% | | | 3,3% | | | | .8% | | | 6,7% |
| | 11.00 | Count | 1 | 1 | 1 | 7 | | | | 1 | 2 | | 13 |
| | | % within ESPTRAN | 7,7% | 7,7% | 7,7% | 53,8% | | | | 7,7% | 15,4% | | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 3,1% | 50,0% | 14,3% | 18,9% | | | | 8,3% | 50,0% | | 10,8% |
| | | % of Total | .8% | .8% | .8% | 5,8% | | | | .8% | 1,7% | | 10,8% |
| | 12.00 | Count | 1 | | | 5 | 1 | | | 2 | 1 | | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 10,0% | | | 50,0% | 10,0% | | | 20,0% | 10,0% | | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 3,1% | | | 13,5% | 50,0% | | | 16,7% | 25,0% | | 8,3% |
| | | % of Total | .8% | | | 4,2% | .8% | | | 1,7% | .8% | | 8,3% |
| | 13.00 | Count | | | | 2 | | | | 1 | | | 3 |
| | | % within ESPTRAN | | | | 66,7% | | | | 33,3% | | | 100,0% |
| | | % within CLIMA | | | | 5,4% | | | | 8,3% | | | 2,5% |
| | | % of Total | | | | 1,7% | | | | .8% | | | 2,5% |
| | 14.00 | Count | 1 | | | 3 | | | | 1 | | 2 | 7 |
| | | % within ESPTRAN | 14,3% | | | 42,9% | | | | 14,3% | | 28,6% | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 3,1% | | | 8,1% | | | | 8,3% | | 20,0% | 5,8% |
| | | % of Total | .8% | | | 2,5% | | | | .8% | | 1,7% | 5,8% |
| | 15.00 | Count | 2 | | | 2 | | 1 | | | | 2 | 7 |
| | | % within ESPTRAN | 28,6% | | | 28,6% | | 14,3% | | | | 28,6% | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 6,3% | | | 5,4% | | 11,1% | | | | 20,0% | 5,8% |
| | | % of Total | 1,7% | | | 1,7% | | .8% | | | | 1,7% | 5,8% |
| | 16.00 | Count | 1 | | 1 | 1 | | 5 | 1 | 1 | | | 10 |
| | | % within | 10,0% | | 10,0% | 10,0% | | 50,0% | 10,0% | 10,0% | | | 100,0% |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--|--------|---|--|--------|
| | | ESPTRAN | | | | | | | | | | | % |
| | | % w ithin CLIMA | 3.1% | 14,3% | 2.7% | 55,6% | 20,0% | 8.3% | | | | | 8.3% |
| | | % of Tota | .8% | .8% | .8% | 4.2% | .8% | .8% | | | | | 8.3% |
| | 17.00 | Count | | | 2 | 1 | | | | | | | 3 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | 66.7% | 33.3% | | | | | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | 5.4% | 50.0% | | | | | | | 2.5% |
| | | % of Tota | | | 1.7% | .8% | | | | | | | 2.5% |
| | 18.00 | Count | | | 1 | | | 1 | | | | | 2 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | 50.0% | | | 50,0% | | | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | 2.7% | | | 8.3% | | | | | 1.7% |
| | | % of Tota | | | .8% | | | .8% | | | | | 1.7% |
| | 19.00 | Count | 1 | | 2 | | | 1 | | | 1 | | 5 |
| | | % w ithin ESPTRAN | 20.0% | | 40.0% | | | 20,0% | | 20,0% | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | 3.1% | | 5.4% | | | 8.3% | | 10,0% | | | 4.2% |
| | | % of Tota | .8% | | 1.7% | | | .8% | | .8% | | | 4.2% |
| | 20.00 | Count | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | | | | | | 100,0% | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | | | | | | 10,0% | | | .8% |
| | | % of Tota | | | | | | | | .8% | | | .8% |
| | 21.00 | Count | 1 | | | | 2 | 1 | | | | | 4 |
| | | % w ithin ESPTRAN | 25.0% | | | | 50,0% | 25,0% | | | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | 3.1% | | | | 40,0% | 8.3% | | | | | 3.3% |
| | | % of Tota | .8% | | | | 1.7% | .8% | | | | | 3.3% |
| | 22.00 | Count | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | | | | 100,0% | | | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | | | | 8.3% | | | | | .8% |
| | | % of Tota | | | | | | .8% | | | | | .8% |
| | 23.00 | Count | | | 2 | 1 | 1 | | | | | | 4 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | 50.0% | 25,0% | 25,0% | | | | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | 5.4% | 11,1% | 20,0% | | | | | | 3.3% |
| | | % of Tota | | | 1.7% | .8% | .8% | | | | | | 3.3% |
| | 24.00 | Count | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | | | | 100,0% | | | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | | | | 8.3% | | | | | .8% |
| | | % of Tota | | | | | | .8% | | | | | .8% |
| | 25.00 | Count | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | | | | | | 100,0% | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | | | | | | 10,0% | | | .8% |
| | | % of Tota | | | | | | | | .8% | | | .8% |
| | 26.00 | Count | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | | | | 100,0% | | | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | | | | 20,0% | | | | | .8% |
| | | % of Tota | | | | | | .8% | | | | | .8% |
| | 28.00 | Count | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | | % w ithin ESPTRAN | 100.0% | | | | | | | | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | 3.1% | | | | | | | | | | .8% |
| | | % of Tota | .8% | | | | | | | | | | .8% |
| | 32.00 | Count | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | | | | | | 100,0% | | | 100,0% |
| | | % w ithin CLIMA | | | | | | | | 10,0% | | | .8% |
| | | % of Tota | | | | | | | | .8% | | | .8% |
| | 34.00 | Count | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| | | % w ithin ESPTRAN | | | | | | | | 100,0% | | | 100,0% |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | % within CLIMA | | | | | | | | | | 10,0% | .8% |
| | | % of Total | | | | | | | | | | .8% | .8% |
| Total | | Count | 32 | 2 | 7 | 37 | 2 | 9 | 5 | 12 | 4 | 10 | 120 |
| | | % within ESPTRAN | 26.7% | 1.7% | 5.8% | 30.8% | 1.7% | 7.5% | 4.2% | 10,0% | 3.3% | 8,3% | 100,0% |
| | | % within CLIMA | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | % of Total | 26.7% | 1.7% | 5.8% | 30.8% | 1.7% | 7.5% | 4.2% | 10,0% | 3.3% | 8,3% | 100,0% |

ESPTRAN * VEGETACI

| | | VEGETAC | | | | | | | | | | | | | Total |
|---------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 14 | |
| ESPTRAN | 5.00 | Count | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | 100,0% | | | | | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | 7,7% | | | | | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | | .8% | | | | | | | .8% |
| | 6.00 | Count | 1 | 1 | 1 | | | | 2 | | | | | | 5 |
| | | % within ESPTRAN | 20,0% | 20,0% | 20,0% | | | | 40,0% | | | | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | 16,7% | 10,0% | 5,6% | | | | 5,7% | | | | | | 4,2% |
| | | % of Total | .8% | .8% | .8% | | | | 1,7% | | | | | | 4,2% |
| | 7.00 | Count | | 1 | 1 | 1 | | | 6 | | | | | | 9 |
| | | % within ESPTRAN | | 11,1% | 11,1% | 11,1% | | | 66,7% | | | | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | | 10,0% | 5,6% | 14,3% | | | 17,1% | | | | | | 7,5% |
| | | % of Total | | .8% | .8% | .8% | | | 5,0% | | | | | | 7,5% |
| | 8.00 | Count | | 1 | 2 | 2 | | 1 | 3 | | | 2 | | | 11 |
| | | % within ESPTRAN | | 9,1% | 18,2% | 18,2% | | 9,1% | 27,3% | | | 18,2% | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | | 10,0% | 11,1% | 28,6% | | 7,7% | 8,6% | | | 15,4% | | | 9,2% |
| | | % of Total | | .8% | 1,7% | 1,7% | | .8% | 2,5% | | | 1,7% | | | 9,2% |
| | 9.00 | Count | 1 | 1 | 1 | 2 | | | 3 | | | 2 | | | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 20,0% | | | 30,0% | | | 20,0% | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | 16,7% | 10,0% | 5,6% | 28,6% | | | 8,6% | | | 15,4% | | | 8,3% |
| | | % of Total | .8% | .8% | .8% | 1,7% | | | 2,5% | | | 1,7% | | | 8,3% |
| | 10.00 | Count | | 1 | 1 | | | | 4 | | | 2 | | | 8 |
| | | % within ESPTRAN | | 12,5% | 12,5% | | | | 50,0% | | | 25,0% | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | | 10,0% | 5,6% | | | | 11,4% | | | 15,4% | | | 6,7% |
| | | % of Total | | .8% | .8% | | | | 3,3% | | | 1,7% | | | 6,7% |
| | 11.00 | Count | | | | 1 | 1 | 2 | 4 | | | 4 | 1 | | 13 |
| | | % within ESPTRAN | | | | 7,7% | 7,7% | 15,4% | 30,8% | | | 30,8% | 7,7% | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | | | | 33,3% | 50,0% | 15,4% | 11,4% | | | 30,8% | 100,0% | | 10,8% |
| | | % of Total | | | | .8% | .8% | 1,7% | 3,3% | | | 3,3% | .8% | | 10,8% |
| | 12.00 | Count | | 2 | 3 | | 1 | | 2 | 1 | 1 | | | | 10 |
| | | % within ESPTRAN | | 20,0% | 30,0% | | 10,0% | | 20,0% | 10,0% | 10,0% | | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | | 20,0% | 16,7% | | 33,3% | | 15,4% | 2,9% | 33,3% | | | | 8,3% |
| | | % of Total | | 1,7% | 2,5% | | .8% | | 1,7% | .8% | .8% | | | | 8,3% |
| | 13.00 | Count | | | | | | 1 | | 1 | 1 | | | | 3 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | 33,3% | | 33,3% | 33,3% | | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | 50,0% | | 2,9% | 33,3% | | | | 2,5% |
| | | % of Total | | | | | | .8% | | .8% | .8% | | | | 2,5% |
| | 14.00 | Count | | | 2 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 7 |
| | | % within ESPTRAN | | | 28,6% | | | | 14,3% | 14,3% | 14,3% | 14,3% | | | 100,0% |
| | | % within VEGETAC | | | 11,1% | | | | 7,7% | 2,9% | 33,3% | 14,3% | | 50,0% | 5,8% |
| | | % of Total | | | 1,7% | | | | .8% | .8% | .8% | .8% | | .8% | 5,8% |
| | 15.00 | Count | 1 | | 1 | | | | 4 | | 1 | | | | 7 |
| | | % within ESPTRAN | 14,3% | | 14,3% | | | | 57,1% | | 14,3% | | | | 100,0% |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|------------------|-------|--|-------|-------|--|--------|-------|--------|-------|--------|--|-------|--------|
| | | % within VEGETAC | 16.7% | | 5.6% | | | | 11.4% | | 14.3% | | | | 5.8% |
| | | % of Total | .8% | | .8% | | | | 3.3% | | .8% | | | | 5.8% |
| | 16.00 | Count | | | 3 | | | | 1 | 5 | 1 | | | | 10 |
| | | % within ESPTRAN | | | 30.0% | | | | 10.0% | 50.0% | | 10.0% | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | 16.7% | | | | 7.7% | 14.3% | | 14.3% | | | 8.3% |
| | | % of Total | | | 2.5% | | | | .8% | 4.2% | | .8% | | | 8.3% |
| | 17.00 | Count | | | 2 | | | | 1 | | | | | | 3 |
| | | % within ESPTRAN | | | 66.7% | | | | 33.3% | | | | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | 20.0% | | | | 7.7% | | | | | | 2.5% |
| | | % of Total | | | 1.7% | | | | .8% | | | | | | 2.5% |
| | 18.00 | Count | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 2 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | 50.0% | | | | | | 50.0% | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | 33.3% | | | | | | 50.0% | 1.7% |
| | | % of Total | | | | | | .8% | | | | | | .8% | 1.7% |
| | 19.00 | Count | | | 2 | | | | 1 | | | 2 | | | 5 |
| | | % within ESPTRAN | | | 40.0% | | | 20.0% | | | | 40.0% | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | 33.3% | | | 14.3% | | | | 15.4% | | | 4.2% |
| | | % of Total | | | 1.7% | | | .8% | | | | 1.7% | | | 4.2% |
| | 20.00 | Count | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | 100.0% | | | | | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | 5.6% | | | | | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | | .8% | | | | | | | .8% |
| | 21.00 | Count | | | | | | | 2 | 1 | | 1 | | | 4 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | 50.0% | 25.0% | | 25.0% | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | | 15.4% | 2.9% | | 14.3% | | | 3.3% |
| | | % of Total | | | | | | | 1.7% | .8% | | .8% | | | 3.3% |
| | 22.00 | Count | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | | | | 100.0% | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | | | | | 14.3% | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | | | | | | .8% | | | .8% |
| | 23.00 | Count | | | 1 | 1 | | | | 1 | | 1 | | | 4 |
| | | % within ESPTRAN | | | 25.0% | 25.0% | | | | 25.0% | | 25.0% | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | 16.7% | 10.0% | | | | 7.7% | | 7.7% | | | 3.3% |
| | | % of Total | | | .8% | .8% | | | | .8% | | .8% | | | 3.3% |
| | 24.00 | Count | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | | | | 100.0% | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | | | | | 14.3% | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | | | | | | .8% | | | .8% |
| | 25.00 | Count | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | | 100.0% | | | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | | | 7.7% | | | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | | | | .8% | | | | | .8% |
| | 26.00 | Count | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | | 100.0% | | | | | 100.0% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | % within VEGETAC | | | 5.6% | | | | | | | | | | | .8% |
| | | % of Total | | | .8% | | | | | | | | | | | .8% |
| | 28.00 | Count | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | 100.0% | | | | | | | | | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | 5.6% | | | | | | | | | | | .8% |
| | | % of Total | | | .8% | | | | | | | | | | | .8% |
| | 32.00 | Count | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | 100.0% | | | | | | | | | | | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | 14.3% | | | | | | | | | | | .8% |
| | | % of Total | | | .8% | | | | | | | | | | | .8% |
| | 34.00 | Count | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | | | | | | | 100.0% | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | | | | | | | | | | | | | 14.3% | .8% |
| | | % of Total | | | | | | | | | | | | | .8% | .8% |
| Total | | Count | 6 | 10 | 18 | 7 | 3 | 2 | 13 | 35 | 3 | 7 | 13 | 1 | 2 | 120 |
| | | % within ESPTRAN | 5.0% | 8.3% | 15.0% | 5.8% | 2.5% | 1.7% | 10.8% | 29.2% | 2.5% | 5.8% | 10.8% | .8% | 1.7% | 100.0% |
| | | % within VEGETAC | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 5.0% | 8.3% | 15.0% | 5.8% | 2.5% | 1.7% | 10.8% | 29.2% | 2.5% | 5.8% | 10.8% | .8% | 1.7% | 100.0% |

ESPTRAN * SUELO

| | | SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total |
|---------|-------|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | |
| ESPTRAN | 5.00 | Count | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | | | 100.0% | | | | | | | | | 100.0% |
| | | % within SUELO | | | | | | | | | 5.9% | | | | | | | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | | | | | .8% | | | | | | | | | .8% |
| | 6.00 | Count | 2 | | | | | 1 | | | 1 | | 1 | | | | | | | 5 |
| | | % within ESPTRAN | 40.0% | | | | | 20.0% | | | 20.0% | | 20.0% | | | | | | | 100.0% |
| | | % within SUELO | 10.5% | | | | | 11.1% | | | 5.9% | | 16.7% | | | | | | | 4.2% |
| | | % of Total | 1.7% | | | | | .8% | | | .8% | | .8% | | | | | | | 4.2% |
| | 7.00 | Count | 1 | | | | | | | | 4 | 1 | | | | 2 | | 1 | | 9 |
| | | % within ESPTRAN | 11.1% | | | | | | | | 44.4% | 11.1% | | | | 22.2% | | 11.1% | | 100.0% |
| | | % within SUELO | 5.3% | | | | | | | | 23.5% | 20.0% | | | | 11.1% | | 12.5% | | 7.5% |
| | | % of Total | .8% | | | | | | | | 3.3% | .8% | | | | 1.7% | | .8% | | 7.5% |
| | 8.00 | Count | 2 | | 1 | | | | 2 | | 2 | | 1 | | | | 2 | | 1 | 11 |
| | | % within ESPTRAN | 18.2% | | 9.1% | | | | 18.2% | | 18.2% | | 9.1% | | | | 18.2% | | 9.1% | 100.0% |
| | | % within SUELO | 10.5% | | 100.0% | | | | 22.2% | | 11.8% | | 16.7% | | | | 100.0% | | 16.7% | 9.2% |
| | | % of Total | 1.7% | | .8% | | | | 1.7% | | 1.7% | | .8% | | | | 1.7% | | .8% | 9.2% |
| | 9.00 | Count | 2 | | | 1 | | | | | 3 | | 1 | | | 2 | | | 1 | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 20.0% | | | 10.0% | | | | | 30.0% | | 10.0% | | | 20.0% | | | 10.0% | 100.0% |
| | | % within SUELO | 10.5% | | | 16.7% | | | | | 75.0% | | 16.7% | | | 11.1% | | | 16.7% | 8.3% |
| | | % of Total | 1.7% | | | .8% | | | | | 2.5% | | .8% | | | 1.7% | | | .8% | 8.3% |
| | 10.00 | Count | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 | | 2 | | 1 | 1 | 8 |
| | | % within ESPTRAN | 12.5% | | | | | | | 12.5% | 12.5% | | | 12.5% | | 25.0% | | 12.5% | 12.5% | 100.0% |
| | | % within SUELO | 5.3% | | | | | | | 25.0% | 5.9% | | | 20.0% | | 11.1% | | 12.5% | 16.7% | 6.7% |
| | | % of Total | .8% | | | | | | | .8% | .8% | | | .8% | | 1.7% | | .8% | .8% | 6.7% |
| | 11.00 | Count | 1 | 1 | | 2 | | | 1 | | 1 | | 2 | | 3 | | 1 | 1 | 13 | |
| | | % within ESPTRAN | 7.7% | 7.7% | | 15.4% | | | 7.7% | | 7.7% | | 15.4% | | 23.1% | | 7.7% | 7.7% | 100.0% | |
| | | % within SUELO | 5.3% | 50.0% | | 33.3% | | | 100.0% | | 5.9% | | 40.0% | | 16.7% | | 12.5% | 16.7% | 10.8% | |
| | | % of Total | .8% | .8% | | 1.7% | | | .8% | | .8% | | 1.7% | | 2.5% | | .8% | .8% | 10.8% | |
| | 12.00 | Count | 2 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 20.0% | | | 10.0% | | | 20.0% | | | 10.0% | 10.0% | | | 10.0% | | 10.0% | 10.0% | 100.0% |
| | | % within SUELO | 10.5% | | | 16.7% | | | 22.2% | | | 20.0% | 16.7% | | | 5.6% | | 12.5% | 16.7% | 8.3% |
| | | % of Total | 1.7% | | | .8% | | | 1.7% | | | .8% | .8% | | | .8% | | .8% | .8% | 8.3% |
| | 13.00 | Count | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 |
| | | % within ESPTRAN | 66.7% | | | | | 33.3% | | | | | | | | | | | | 100.0% |
| | | % within SUELO | 10.5% | | | | | 14.3% | | | | | | | | | | | | 2.5% |
| | | % of Total | 1.7% | | | | | .8% | | | | | | | | | | | | 2.5% |
| | 14.00 | Count | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | | 2 | | | | 1 | | | | 7 |
| | | % within ESPTRAN | 14.3% | | | 14.3% | 14.3% | 14.3% | | | | 28.6% | | | | 14.3% | | | | 100.0% |
| | | % within SUELO | 5.3% | | | 33.3% | 14.3% | 11.1% | | | | 40.0% | | | | 5.6% | | | | 5.8% |
| | | % of Total | .8% | | | .8% | .8% | .8% | | | | 1.7% | | | | .8% | | | | 5.8% |
| | 15.00 | Count | 2 | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | | 7 |
| | | % within ESPTRAN | 28.6% | | | | | | | | 14.3% | 14.3% | 14.3% | | | 14.3% | | 14.3% | | 100.0% |
| | | % within SUELO | 10.5% | | | | | | | | 5.9% | 20.0% | 16.7% | | | 5.6% | | 12.5% | | 5.8% |
| | | % of Total | 1.7% | | | | | | | | .8% | .8% | .8% | | | .8% | | .8% | | 5.8% |
| | 16.00 | Count | 1 | | | | 1 | | 2 | | | 3 | | | | 2 | | 1 | | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 10.0% | | | | 10.0% | | 20.0% | | | 30.0% | | | | 20.0% | | 10.0% | | 100.0% |
| | | % within SUELO | 5.3% | | | | 33.3% | | 22.2% | | | 17.6% | | | | 11.1% | | 12.5% | | 8.3% |
| | | % of Total | .8% | | | | .8% | | 1.7% | | | 2.5% | | | | 1.7% | | .8% | | 8.3% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------|-------|-------|--|-------|--|--|--------|--|-------|--|--------|--------|--------|--|-------|--------|--------|
| 17.00 | Count | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 3 |
| | % within ESPTRAN | 33.3% | | | | | | | | | | | | 33.3% | | | 33.3% | 100.0% |
| | % within SUELO | 5.3% | | | | | | | | | | | | 5.6% | | | 16.7% | 2.5% |
| | % of Total | .8% | | | | | | | | | | | | .8% | | | .8% | 2.5% |
| 18.00 | Count | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | 2 |
| | % within ESPTRAN | | | | 50.0% | | | | | | | | | 50.0% | | | | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | 16.7% | | | | | | | | | 100.0% | | | | 1.7% |
| | % of Total | | | | .8% | | | | | | | | | .8% | | | | 1.7% |
| 19.00 | Count | | 1 | | | | | 3 | | | | | | 1 | | | | 5 |
| | % within ESPTRAN | | 20.0% | | | | | 60.0% | | | | | | 20.0% | | | | 100.0% |
| | % within SUELO | | 50.0% | | | | | 42.9% | | | | | | 5.6% | | | | 4.2% |
| | % of Total | | .8% | | | | | 2.5% | | | | | | .8% | | | | 4.2% |
| 20.00 | Count | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | % within ESPTRAN | | | | | | | 100.0% | | | | | | | | | | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | | | | 14.3% | | | | | | | | | | .8% |
| | % of Total | | | | | | | .8% | | | | | | | | | | .8% |
| 21.00 | Count | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | 4 |
| | % within ESPTRAN | | | | 25.0% | | | | | 25.0% | | | 25.0% | | | 25.0% | | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | 16.7% | | | | | 5.9% | | | 20.0% | | | 5.6% | | 3.3% |
| | % of Total | | | | .8% | | | | | .8% | | | .8% | | | .8% | | 3.3% |
| 22.00 | Count | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | % within ESPTRAN | | | | | | | 100.0% | | | | | | | | | | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | | | | 33.3% | | | | | | | | | | .8% |
| | % of Total | | | | | | | .8% | | | | | | | | | | .8% |
| 23.00 | Count | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | 1 | 4 |
| | % within ESPTRAN | 25.0% | | | | | | | | 50.0% | | | | | | | 25.0% | 100.0% |
| | % within SUELO | 5.3% | | | | | | | | 11.8% | | | | | | | 12.5% | 3.3% |
| | % of Total | .8% | | | | | | | | 1.7% | | | | | | | .8% | 3.3% |
| 24.00 | Count | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | % within ESPTRAN | | | | | | | | | | | | 100.0% | | | | | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | | | | | | | | | 20.0% | | | | | .8% |
| | % of Total | | | | | | | | | | | | .8% | | | | | .8% |
| 25.00 | Count | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| | % within ESPTRAN | | | | | | | | | | | | | 100.0% | | | | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | | | | | | | | | | 5.6% | | | | .8% |
| | % of Total | | | | | | | | | | | | | .8% | | | | .8% |
| 26.00 | Count | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| | % within ESPTRAN | | | | | | | | | | | 100.0% | | | | | | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | | | | | | | | 16.7% | | | | | | .8% |
| | % of Total | | | | | | | | | | | .8% | | | | | | .8% |
| 28.00 | Count | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | % within ESPTRAN | | | | | | | | | | | | | | | | 100.0% | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | 12.5% | .8% |
| | % of Total | | | | | | | | | | | | | | | | .8% | .8% |
| 32.00 | Count | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | % within ESPTRAN | | | | | | | 100.0% | | | | | | | | | | 100.0% |
| | % within SUELO | | | | | | | 11.1% | | | | | | | | | | .8% |
| | % of Total | | | | | | | .8% | | | | | | | | | | .8% |
| 34.00 | Count | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 |
| | % within ESPTRAN | | | | | | | 100.0% | | | | | | | | | | 100.0% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | % within SUELO | | | | | | 14.3% | | | | | | | | | | | | | .8% |
| | % of Total | | | | | | .8% | | | | | | | | | | | | | .8% |
| Total | Count | 19 | 2 | 1 | 6 | 3 | 7 | 9 | 1 | 4 | 17 | 5 | 6 | 5 | 1 | 18 | 2 | 8 | 6 | 120 |
| | % within ESPTRAN | 15.8% | 1.7% | .8% | 5.0% | 2.5% | 5.8% | 7.5% | .8% | 3.3% | 14.2% | 4.2% | 5.0% | 4.2% | .8% | 15.0% | 1.7% | 6.7% | 5.0% | 100.0% |
| | % within SUELO | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| | % of Total | 15.8% | 1.7% | .8% | 5.0% | 2.5% | 5.8% | 7.5% | .8% | 3.3% | 14.2% | 4.2% | 5.0% | 4.2% | .8% | 15.0% | 1.7% | 6.7% | 5.0% | 100.0% |

ESPTRAN * ALTITUD

| | | ALTITUD | | | | | | | Total |
|---------|-------|------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| ESPTRAN | 5.00 | Count | | 1 | | | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | 100.0% | | | | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | | 6.3% | | | | | .8% |
| | | % of Total | | .8% | | | | | .8% |
| | 6.00 | Count | 2 | 3 | | | | | 5 |
| | | % within ESPTRAN | 40.0% | 60.0% | | | | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 5.3% | 9.7% | | | | | 4.2% |
| | | % of Total | 1.7% | 2.5% | | | | | 4.2% |
| | 7.00 | Count | 2 | 5 | 2 | | | | 9 |
| | | % within ESPTRAN | 22.2% | 55.6% | 22.2% | | | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 5.3% | 16.1% | 12.5% | | | | 7.5% |
| | | % of Total | 1.7% | 4.2% | 1.7% | | | | 7.5% |
| | 8.00 | Count | 2 | 8 | | 1 | | | 11 |
| | | % within ESPTRAN | 18.2% | 72.7% | | 9.1% | | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 5.3% | 25.8% | | 8.3% | | | 9.2% |
| | | % of Total | 1.7% | 6.7% | | .8% | | | 9.2% |
| | 9.00 | Count | 6 | 2 | 2 | | | | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 60.0% | 20.0% | 20.0% | | | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 15.8% | 6.5% | 12.5% | | | | 8.3% |
| | | % of Total | 5.0% | 1.7% | 1.7% | | | | 8.3% |
| | 10.00 | Count | 5 | | 2 | | 1 | | 8 |
| | | % within ESPTRAN | 62.5% | | 25.0% | | 12.5% | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 13.2% | | 12.5% | | 5.6% | | 6.7% |
| | | % of Total | 4.2% | | 1.7% | | .8% | | 6.7% |
| | 11.00 | Count | 6 | 4 | 2 | | 1 | | 13 |
| | | % within ESPTRAN | 46.2% | 30.8% | 15.4% | | 7.7% | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 15.8% | 12.9% | 12.5% | | 5.6% | | 10.8% |
| | | % of Total | 5.0% | 3.3% | 1.7% | | .8% | | 10.8% |
| | 12.00 | Count | 5 | 1 | 1 | 2 | | 1 | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 50.0% | 10.0% | 10.0% | 20.0% | | 10.0% | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 13.2% | 3.2% | 6.3% | 16.7% | | 33.3% | 8.3% |
| | | % of Total | 4.2% | .8% | .8% | 1.7% | | .8% | 8.3% |
| | 13.00 | Count | 1 | | | 2 | | | 3 |
| | | % within ESPTRAN | 33.3% | | | 66.7% | | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 2.6% | | | 16.7% | | | 2.5% |
| | | % of Total | .8% | | | 1.7% | | | 2.5% |
| | 14.00 | Count | 2 | 1 | | 1 | 2 | 1 | 7 |
| | | % within ESPTRAN | 28.6% | 14.3% | | 14.3% | 28.6% | 14.3% | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 5.3% | 3.2% | | 8.3% | 11.1% | 33.3% | 5.8% |
| | | % of Total | 1.7% | .8% | | .8% | 1.7% | .8% | 5.8% |
| | 15.00 | Count | 4 | 2 | | | 1 | | 7 |
| | | % within ESPTRAN | 57.1% | 28.6% | | | 14.3% | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 10.5% | 6.5% | | | 5.6% | | 5.8% |
| | | % of Total | 3.3% | 1.7% | | | .8% | | 5.8% |
| | 16.00 | Count | 2 | | 3 | 3 | 2 | | 10 |
| | | % within ESPTRAN | 20.0% | | 30.0% | 30.0% | 20.0% | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 5.3% | | 18.8% | 25.0% | 11.1% | | 8.3% |
| | | % of Total | 1.7% | | 2.5% | 2.5% | 1.7% | | 8.3% |
| | 17.00 | Count | 1 | 1 | 1 | | | | 3 |
| | | % within ESPTRAN | 33.3% | 33.3% | 33.3% | | | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | 2.6% | 3.2% | 6.3% | | | | 2.5% |
| | | % of Total | .8% | .8% | .8% | | | | 2.5% |
| | 18.00 | Count | | 1 | | | | 1 | 2 |
| | | % within ESPTRAN | | 50.0% | | | | 50.0% | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | | 3.2% | | | | 33.3% | 1.7% |
| | | % of Total | | .8% | | | | .8% | 1.7% |
| | 19.00 | Count | | | 2 | 1 | 2 | | 5 |
| | | % within ESPTRAN | | | 40.0% | 20.0% | 40.0% | | 100.0% |
| | | % within ALTITUD | | | 12.5% | 8.3% | 11.1% | | 4.2% |
| | | % of Total | | | 1.7% | .8% | 1.7% | | 4.2% |
| | 20.00 | Count | | | | | 1 | | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|--|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | % within ESPTRAN | | | | | 100.0% | | | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | | | | 5.6% | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | .8% | | | .8% |
| 21.00 | | Count | | 1 | | | 3 | | | 4 |
| | | % within ESPTRAN | | 25.0% | | | 75.0% | | | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | 3.2% | | | 16.7% | | | 3.3% |
| | | % of Total | | .8% | | | 2.5% | | | 3.3% |
| 22.00 | | Count | | | | | 1 | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | 100.0% | | | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | | | | 5.6% | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | .8% | | | .8% |
| 23.00 | | Count | | 2 | | 1 | 1 | | | 4 |
| | | % within ESPTRAN | | 50.0% | | 25.0% | 25.0% | | | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | 6.5% | | 8.3% | 5.6% | | | 3.3% |
| | | % of Total | | 1.7% | | .8% | .8% | | | 3.3% |
| 24.00 | | Count | | | | | 1 | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | 100.0% | | | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | | | | 8.3% | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | .8% | | | .8% |
| 25.00 | | Count | | | | | 1 | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | 100.0% | | | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | | | | 5.6% | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | .8% | | | .8% |
| 26.00 | | Count | | | | | 1 | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | 100.0% | | | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | | | | 5.6% | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | .8% | | | .8% |
| 28.00 | | Count | | | | | | | 1 | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | 100.0% | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | | | | | | 50.0% | .8% |
| | | % of Total | | | | | | | .8% | .8% |
| 32.00 | | Count | | | | | 1 | | | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | 100.0% | | | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | | | | 5.6% | | | .8% |
| | | % of Total | | | | | .8% | | | .8% |
| 34.00 | | Count | | | | | | | 1 | 1 |
| | | % within ESPTRAN | | | | | | | 100.0% | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | | | | | | | 50.0% | .8% |
| | | % of Total | | | | | | | .8% | .8% |
| Total | | Count | 38 | 31 | 16 | 12 | 18 | 3 | 2 | 120 |
| | | % within ESPTRAN | 31.7% | 25.8% | 13.3% | 10.0% | 15.0% | 2.5% | 1.7% | 100.0% |
| | | % within ALTTUD | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 31.7% | 25.8% | 13.3% | 10.0% | 15.0% | 2.5% | 1.7% | 100.0% |