



**DISTRIBUCION ESPACIAL DE ESPECIES DE CACTÁCEAS EN LA REGIÓN
DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE**

POR:

I. E. ANABEL AGUIRRE PRIETO

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias**

Área Mayor: Manejo de Recursos Naturales

**Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Zootecnia y Ecología
Secretaría de Investigación y Posgrado**

Distribución espacial de especies de cactáceas en la región del desierto chihuahuense. Tesis presentada por Anabel Aguirre Prieto, como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias, ha sido aprobada y aceptada por:

M. A. Luis Raúl Escárcega Preciado
Director de la Facultad de Zootecnia y Ecología

M. C. Antonio Humberto Chávez Silva
Secretario de Investigación y Posgrado

D. Ph. Pablo Fidel Mancillas Flores
Coordinador Académico

~~D. Ph. Toutcha Lebgue Keleng
Presidente~~

JUNIO 27-2016

Fecha

Comité:

D. Ph. Toutcha Lebgue Keleng
D. Ph. Alfredo Pinedo Álvarez
Dr. Eduardo Santellano Estrada
M. C. Ricardo Abel Soto Cruz

© Derechos Reservados

Anabel Aguirre Prieto
PERIFÉRICO FRANCISCO R.
ALMADA KM. 1, CHIHUAHUA,
CHIH., MÉXICO C.P. 31453

JUNIO 2016

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca durante mis estudios de maestría, dentro de la Facultad de Zootecnia y Ecología.

A la Facultad de Zootecnia y Ecología, donde he ido sembrando mis bases para continuar con mis estudios profesionales.

Agradezco a mis asesores el D. Ph. Toutcha Lebgue Keleng; al D. Ph. Alfredo Pinedo Álvarez, Dr. Eduardo Santellano Estrada y al M. C. Ricardo Abel Soto Cruz, que con su colaboración y asesoría llegué a la culminación de este trabajo de investigación. Gracias por su paciencia, tiempo dedicado y de sus enseñanzas.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la mujer más importante de mi vida Beatriz Prieto
Ceniceros ^(† 26/02/13) te llevo en mi corazón.

Te amo mama y te extraño.

CURRÍCULUM VITAE

La autora nació el 4 de septiembre 1985 en Hidalgo del Parral,
Chihuahua, México.

2007 y 2008	Concurso de Identificación de plantas de Norteamérica en Reno Nevada y Louisville Kentucky
2004-2008	Estudios de Licenciatura en la carrera de Ingeniero en Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua
2009-2011	Estudiante de Maestría en Ciencias en Producción Animal, Área Mayor Recursos Naturales, Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH.
2013-a la Fecha	Técnico asesor y socia de la consultoría Nexus Desarrollo Agrícola Integral S.C.
Mayo- Junio 2015	Maestro de asignatura en la Universidad Politécnica de Chihuahua

RESUMEN

DISTRIBUCION ESPACIAL DE ESPECIES DE CACTÁCEAS EN LA REGIÓN DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

POR:

I. E. ANABEL AGUIRRE PRIETO

Maestría en Ciencias en Producción Animal

Secretaría de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: D. Ph. Toutcha Lebgue Keleng

Las cactáceas tienen su distribución en regiones áridas y semiáridas del mundo. En las últimas décadas las poblaciones de cactáceas están experimentando un nivel de disturbio en sus comunidades por diferentes factores afectando su distribución y presencia en el Desierto Chihuahuense. En este sentido se llevó a cabo un inventario de cactáceas en 17 municipios del estado de Chihuahua, además de determinar asociaciones vegetales ligadas con cactáceas e identificar variables ambientales que condicionan su distribución. El levantamiento de información en campo se realizó mediante el Método de Análisis de Geografía (GAP, por sus siglas en inglés), registrándose altitud, coordenadas geográficas, especies de vegetación dominantes y especies de cactáceas, adicionalmente se recopilaron variables ambientales. Como resultados, se registraron 13 géneros y 61 especies de cactáceas. Se realizó un análisis de Componentes Principales y Cluster para los sitios que mostraron la presencia o ausencia de cada especie. Las variables ambientales

de mayor influencia ($P < 0.0001$), en la distribución de cactáceas, fueron la temperatura máxima, mínima y media, además de la precipitación ($P < 0.05$). Se identificaron y caracterizaron 3 grupos de cactáceas. Los análisis de Ji Cuadrada y de correspondencia mostraron que existe correspondencia entre los géneros de cactáceas y otros géneros de vegetación adyacente ($P < 0.001$), mostrando mayor correspondencia los géneros *Echinocereus* y *Echinomastus* con los géneros *Jatropha* y *Euphorbia*. La existencia de las cactáceas se encuentra restringida por factores ambientales y/o por su cercanía a los centros de población, debido a que hay especies que son extraídas para fines diversos por la sociedad.

ABSTRACT

SPATIAL DISTRIBUTION OF CACTUS SPECIES IN THE CHIHUAHUAN DESERT REGION

BY:

ANABEL AGUIRRE PRIETO

Cacti are distributed in arid and semiarid regions of the world. In recent decades the cacti populations are experiencing a level of disturbance in their communities by different factors affecting their distribution and presence in the Chihuahuan Desert. In this regard an inventory of cacti species was conducted in 17 municipalities in the state of Chihuahua, in addition to determining plant associations linked with cacti and identify environmental variables that determine its distribution. Geography Analysis Program (GAP) was used to gather information in the field, registering altitude, geographic coordinates, dominant species of vegetation and species of cacti; further environmental variables were collected. As a result, 13 genera and 61 species of cacti were recorded. An analysis of Principal Components and Cluster for sites that showed the presence or absence of each species was performed. The most influential environmental variables ($P < 0.0001$), in the distribution of cacti were the maximum, minimum and mean temperatures, in addition to precipitation ($P < 0.05$). Three groups of cacti were identified and characterized. Chi square analysis and correspondence showed that there is correspondence between cacti genera and genera of adjacent vegetation ($P < 0.001$), showing greater correspondence between *Echinocereus* and *Echinomastus* with *Jatropha* and *Euphorbia*. The existence of cacti is restricted by environmental factors and / or

their proximity to population centers, because there are species that are extracted from the field for diverse purposes by the society.



CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE GRÁFICAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Características de Zonas Áridas y Semiáridas.....	3
Características y Usos de las Cactáceas.....	4
Estudios de Distribución e Inventarios de Cactáceas.....	5
Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Descripción del Área de Estudio.....	9
Localización.....	9
Vegetación.....	9
Edafología.....	9
Clima.....	9
Modelo digital de elevación.....	13
Materiales y Fuentes de Datos.....	13
Metodología.....	13
Análisis Estadístico.....	17



RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
Análisis de Correlación.....	26
Análisis de Componentes Principales y Clúster.....	28
Análisis de Ji Cuadrada y de Correspondencia.....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
ANEXO I.....	37
ANEXO II.....	50
LITERATURA CITADA.....	54



LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Listado especies registradas durante el muestreo en campo.....	21
2	Número de especies por porcentajes y estatus en la NOM-059.....	23
3	Estatus de especies en la NOM-059 y sitios donde se encuentran.....	25
4	Valores promedio de los datos de estaciones meteorológicas para los géneros de cactáceas.....	27



LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica		Página
1	Variabilidad entre géneros de cactáceas.....	29
2	Clúster de los géneros de cactáceas.....	30
3	Análisis de correspondencia entre géneros de cactáceas y géneros de vegetación dominante y similitud entre plantas de los mismos géneros.....	34



LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mapa de la localización de los municipios donde se muestrearon especies de cactáceas.....	10
2	Mapa de usos de suelo y vegetación de los municipios donde se desarrolló el trabajo dominando por matorral.....	11
3	Suelos dominantes (Regosol, Castañozem y Xerosol) en los municipios de muestreo de cactáceas.....	12
4	Los tipos de clima en el área de estudio, dominados por BW y Bs.....	14
5	Mapa del modelo digital de elevación.....	15
6	Mapa de distribución de los puntos de muestreo.....	20
7	Mapa de distribución del género <i>Opuntia</i>	24



INTRODUCCIÓN

La República Mexicana es uno de los 20 países con mayor biodiversidad en el mundo. Actualmente 35 % de esas plantas, tienen estatus de riesgo y es la zona Noreste de México la que alberga la mayor diversidad y endemismo de especies de este tipo (UAT, 2008). El estado de Chihuahua cuenta con 145 taxones de cactáceas, en los que encontramos 123 especies y 22 variedades (Lebgue y Quintana, 2010). En cuestión de especies endémicas en el estado se tienen 20 especies, representando un 16 % del 65 % de las especies endémicas que tiene México (CONABIO, 2014).

Existen diversas investigaciones como las realizadas por Cobos (2007) que han sido dedicadas al estudio de la biodiversidad en nuestro país; los resultados generaron importantes retos como el de la generación de un acervo de información básica en aspectos genéticos, ecológicos, reproductivos y geográficos de especies de cactáceas en México. Expone además, varios métodos que caracterizan comunidades vegetales en grandes extensiones en la República, pero requieren de tiempo, dinero y personal para lograr cumplir los objetivos planteados.

Actualmente la tecnología geoespacial puede ayudar a reducir el tiempo, costo y mano de obra en la localización de especies de plantas y la geo referenciación de las mismas con el fin de identificarlas espacialmente. Esta herramienta puede ayudar a los investigadores para la realización de análisis de manera rápida sobre grandes extensiones territoriales en donde se distribuyen los diversos recursos naturales y en especial las especies de cactáceas.



En base a lo anterior se tienen los siguientes objetivos: inventariar especies de cactáceas, determinar asociaciones vegetales ligadas con otras en la región oriental del estado de Chihuahua, identificar variables ambientales que condicionan la distribución geográfica de las mismas además elaborar mapas de distribución de las especies cactáceas de la región del Desierto Chihuahuense en el estado de Chihuahua.



REVISIÓN DE LITERATURA

Las cactáceas son una familia vegetal originaria y esencialmente restringida al continente Americano. Su taxa contiene de 100 a 122 géneros y 1,500 a 1,600 especies, además representan después de las bromeliáceas (Gibson y Nobel, 1986) la segunda familia más numerosa en este continente. México es el país con mayor riqueza de estas plantas, con 913 taxones (Jiménez, 2011).

La flora en México presenta una extensa variedad de especies por su ubicación geográfica, otros estudios reportan 850 especies de cactáceas para México (Guzmán *et al.* 2003), representando una de las áreas más importantes de concentración de especies. Sin embargo, cuenta con un alto índice de endemismo (Hernández y Godínez, 1994).

La mayor parte de cactáceas habitan en regiones áridas y semiáridas del país, particularmente en la parte sureste del Desierto Chihuahuense sin dejar de lado la zona árida de los estados de Querétaro e Hidalgo (Carmona-Lara *et al.* 2007). Sin embargo, también se les puede localizar en otros ecosistemas, como en aquellos donde se observan matorrales y pastizales, en las barrancas donde predominan los bosques tropicales y templados de la Sierra Tarahumara (Lebgue y Quintana, 2010).

Características de Zonas Áridas y Semiáridas

El desierto es una región donde se encuentra una escasa densidad de especies (Alcaraz, 2009). Además, de ser una región que tiene condiciones restringidas de humedad en el suelo y la estación de lluvias es reducida en el año, característica que identifica a las zonas áridas y semiáridas. En México el



49.2 % del territorio son tierras desérticas, de las cuales 28.3 % son zonas áridas y 23.7 % son semiáridas, estas tierras se encuentran distribuidas en el centro y norte del país (Soto *et al.*, 2000).

Esta situación de poca disponibilidad de agua y las condiciones extremas de temperatura ha influido para que los organismos que viven y se desarrollan en el desierto, como la vegetación y diversidad animal, hayan tenido que evolucionar genéticamente para lograr la adaptación a los diversos ambientes y limitaciones en donde viven, situación que influye para que se encuentren un mayor número de especies endémicas, especialmente grupos de cactáceas y pastos que son influenciados por la topografía de las zonas e impactadas por las actividades productivas del hombre como, la ganadería y la agricultura, poniendo en riesgo la existencia de cactáceas en el desierto (Lara, 2004; CONABIO, 2008).

Características y Usos de las Cactáceas

Las características morfológicas, anatómicas y fisiológicas de estas especies, se deben principalmente a los ambientes áridos a los que pertenecen lo que les facilita la acumulación de agua y disminución de evapotranspiración (Bravo y Scheinvar, 1995). Gibson y Nobel (1986) y Lüttge (2002) indicaron que para sobrevivir al clima seco extremo, las raíces de las plantas absorben rápidamente el agua ya que presentan una gruesa cutícula impermeable que las protege evitando que se pierda agua por los estomas y así reducir la transpiración.

La diversidad de las cactáceas, forma de crecimiento (epífitas, columnares, biznagas, trepadoras, pitahayas, nopales), tamaño de la planta,



densidad de población va a variar de un sitio a otro, pero siempre se localizaran en latitudes cercanas a los paralelos 25° (Jiménez, 2011).

Nobel (1978) reporto que en el género *Mammillaria*, el tamaño y la orientación del tallo, la forma de las costillas y la presencia de espinas y tricomas, afectan la intercepción de la radiación solar lo que permite reducir la evapotranspiración.

Las cactáceas han sido un recurso importante como alimento entre la población indígena y rural además de ser utilizadas en algunas etnias (Morales *et al.* 2010). Otros usos de estas plantas, es que los tallos y frutos son utilizados como forraje para el ganado y que después de haber eliminado las espinas, es proporcionado al ganado y finalmente con algunos frutos se prepara una bebida fermentada a manera de pulque o vino (Casas, 2002).

Las cactáceas tienen otros usos y/o aprovechamiento que las hacen importantes dentro de las zonas áridas y semiáridas, como la producción de tinturas para la industria alimenticia, uso médico, plantas de ornato, cercos vivos, gomas de jabón y son importantes en la biodiversidad (Morales *et al.*, 2010; Carmona-Lara *et al.*, 2007).

Estudios de Distribución e Inventarios de Cactáceas

Hernández *et al.* (2007) mencionaron que algunos factores de riesgo importantes para las especies de cactáceas son: las actividades antropogénicas y la extracción ilegal con la presión de colecta que es la más importante y que influye en la destrucción del hábitat y en la dificultad de que estas se vuelvan a establecer en el mismo sitio.



Otra de las causas que pueden afectar la distribución de las cactáceas es su lento crecimiento, falta de nutrientes en el suelo; competencia con otras especies; depredadores naturales y el hombre; la edad reproductiva que depende de la longevidad y tamaño del individuo, entre otras (Godínez *et al.*, 2003).

Glass (1998) realizó un estudio sobre especies de cactáceas amenazadas en México y donde incluye información sobre distribución y hábitat, condición presente y antecedentes de cada una de las especies, las cuales se encuentran en la lista del CITES apartado II, algunos géneros presentados como *Echinocactus*, *Epithelantha*, *Escobaria*, *Lophophora*, *Mammillaria* se encuentran en el estado de Chihuahua.

En otros estudios reportaron la composición florística o distribución que ayudan a conocer cuales especies están actualmente en nuestro entorno. Lebgue y Quintana (2010) realizaron una investigación sobre la distribución de cactáceas en el estado de Chihuahua y encontraron un total de 17 géneros, 123 especies y 22 variedades, de las cuales 16 % se encuentran listadas en la NOM-059-Semarnat, además de detectar 8 especies que sugieren deberían estar listadas en la Norma debido a su escasa distribución en el Estado.

Martínez-Ávalos y Jurado (2005) publicaron un estudio sobre la distribución geográfica de las cactáceas en Tamaulipas. Los resultados encontrados fueron: 120 especies y 53 subespecies, de las cuales las más representativas son *Mammillaria* con 23 especies y 21 subespecies, seguido por el género *Coryphantha*, *Echinocereus* y *Opuntia* con 13 especies; del total



encontradas, 12 son consideradas como endémicas y 49 están consideradas en peligro de extinción por el CITES y SEMARNAT.

Ceroni (2003) estudio la composición florística, tomando muestras entre los rangos de los 165 y 3,100 msnm, obteniendo 56 familias y siendo las más abundantes la *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae* y *Solanaceae*; la cuenca tiene seis tipos de vegetación que son cactáceas columnares con bosque seco, bosque caducifolio, bosque siempre verde, vegetación arbustiva y herbácea, monte ribereño y vegetación de arbustos bajos.

Hernández *et al.* (2001) estudiaron la diversidad de las cactáceas en el área de Huizache que se encuentra al Sur en la región del Desierto Chihuahuense en donde registraron un total de 75 especies de las cuales, 63 % son endémicas del Desierto Chihuahuense, ya que tienen la más alta concentración de cactáceas en el continente Americano. Además analizaron los patrones de distribución encontrando la mayor concentración en las tierras bajas de los valles.

Gómez y Hernández (2000) realizaron un inventario de cactáceas en la región de Mier y Noriega, México, muestreando un total de 80 sitios en donde registraron 54 especies, de los cuales 28 fueron registros nuevos para el área y 14 para el Estado; esta región es considerada rica por la presencia de cactáceas. Adicionalmente, 82 % son endémicas en la región del Desierto Chihuahuense, seis de ellas tienen una distribución estrecha y 19 están consideradas en peligro de extinción (Bravo y Scheinvar, 1995).

Sistemas de Información Geográfica (SIG)



Un SIG es una herramienta que sirve para capturar, almacenar, manipular, verificar, analizar y desplegar datos que son referidos espacialmente a la superficie de la tierra y que serán de acuerdo a la ubicación; tienen propiedades para la localización y generación de atributos (bases de datos; Heywood *et al.*, 1998).

Carmona-Lara *et al.* (2007) realizaron varios estudios en un área protegida con el fin de conocer la diversidad de cactáceas incluyendo variables como índices de riqueza y similitud; además de utilizar el SIG para ubicar y marcar cuatro sitios de colecta. Los resultados fueron 24 especies en la zona de amortiguamiento y 19 en la zona núcleo. Por su parte Lebgue (2005) analizó las comunidades vegetales en las Barrancas del Cobre, el cual, caracterizó y clasificó comunidades vegetales utilizando tecnología satelital. Galarza (2005) analizó y clasificó las comunidades vegetales de la eco región del desierto en la parte noreste del estado de Chihuahua utilizando imágenes Landsat-TM.



MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

Localización. El presente trabajo se desarrolló en 17 municipios del estado de Chihuahua, los cuales son; Aldama, Ascensión, Ciudad Juárez, Guadalupe Distrito Bravo, Meoquí, Julimes, Práxedes G. Guerrero, Rosales, Coyame, Ojinaga, Villa López, Villa Coronado, Valle de Allende, Jiménez, Camargo, Villa Ahumada y Manuel Benavides (Figura 1), que son parte de las zonas áridas que tiene el estado.

Vegetación. De acuerdo a la clasificación por Rzedowski (1983) para las zonas áridas y semiáridas el tipo de vegetación es de matorral acompañado por zonas de pastizal (Figura 2). Las comunidades vegetales que predominan son arbustos de 3 a 5 m de altura; caducifolios donde se incluyen otras clasificaciones como matorral crasicaule en donde dominan las cactáceas o plantas de tallos suculentos; el matorral rosetófilo está formado por elementos arbustivos, los más comunes son *Agave* spp. (Maguey) *Hechtia* spp. (Guapilla) y *Dasyllirion* spp. (Sotol), los bosques de yuca (izótales) y el matorral micrófilo en el cual predominan arbustos (INEGI, 2009a).

Edafología. Se encuentra en las sierras y llanuras del Norte de México; se observa todo tipo de condiciones topográficas; los tipos de suelo más abundantes son Regosol, Litosol, Xerosol y Yermosol (Figura 3), que son suelos más salinos. El área de estudio presenta variaciones pero el tipo de suelo que más caracteriza es de rocas ígneas extrusivas, sedimentarias y metamórficas (INEGI, 2009b).

Clima. El área de estudio presenta un clima árido a muy árido y seco



Figura 1. Mapa de la localización de los municipios donde se muestrearon especies de cactáceas.

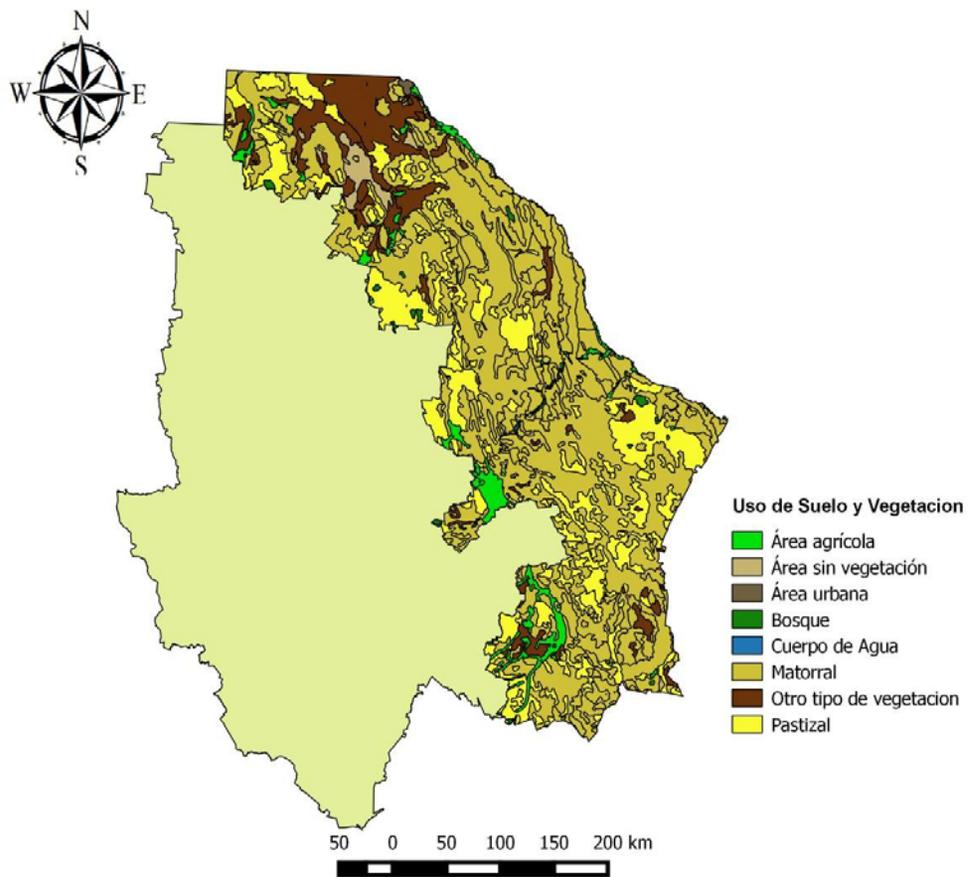


Figura 2. Mapa de usos de suelo y vegetación de los municipios donde se desarrolló el trabajo dominando por matorral.

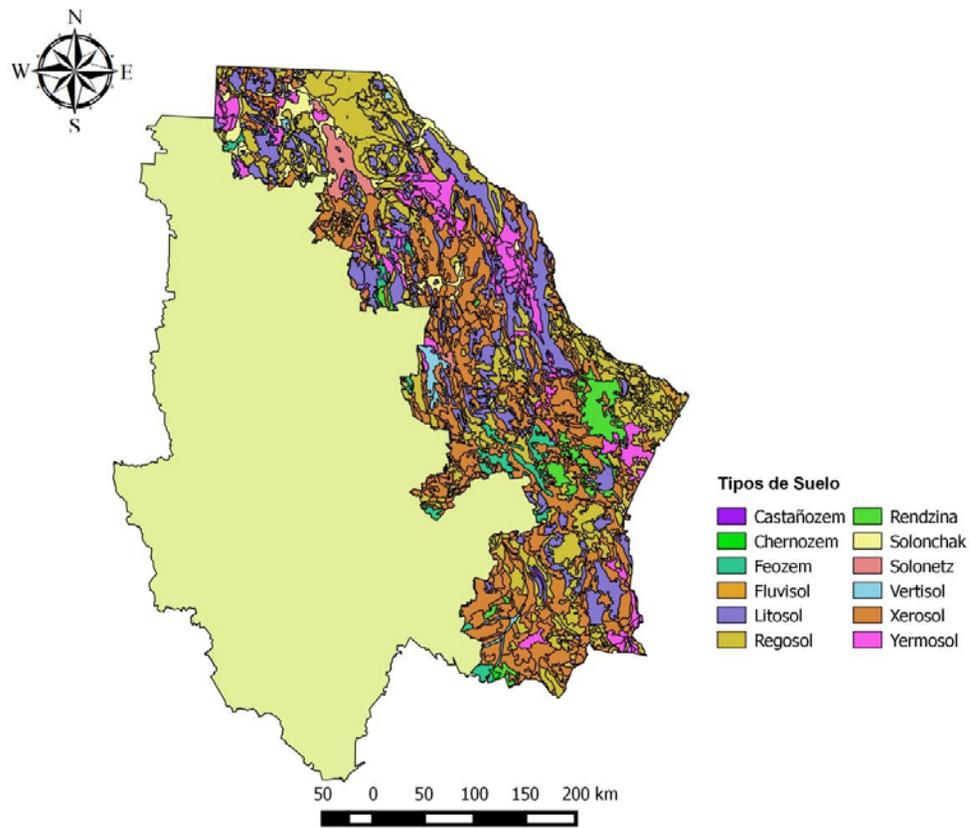


Figura 3. Suelos dominantes (Regosol, Castañozem y Xerosol) en los municipios de muestreo de cactáceas.



localizado en las sierras y llanuras del Norte (Figura 4). La temperatura media anual en el estado es de 17 °C con una precipitación media anual de 500 mm con lluvias en verano (INEGI, 2010) la precipitación media anual en el área de estudio oscila entre los 250 y 350 mm (Medina *et al.* 2006).

Modelo digital de elevación. Los valores de altura para el área de estudio van de los 597 msnm para las partes más bajas que están en Ojinaga y Manuel Benavides, hasta una altura de más de 2,400 msnm para Jiménez, Villa Ahumada y Aldama (Figura 5).

Materiales y Fuentes de Datos

Para la realización de este trabajo se utilizó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) para georeferenciar cada sitio de observación donde se muestrearon especies de cactáceas y se midieron la altitud y tipo de vegetación presente; se tomaron fotografías de cada uno de los sitios con una cámara Sony, modelo DSC-W570, serie 8456770 se utilizó un vehículo para llegar a cada uno de los sitios y libreta de campo.

Metodología

En el muestreo de vegetación se utilizó el método de Programa de Análisis de la Geografía (GAP por sus siglas en inglés Geography analysis program), el objetivo del análisis GAP es proporcionar información geográfica más amplia sobre la condición de las especies y su hábitat, este método se puede trabajar con la información que se requiera y se adecua a las necesidades de la investigación (Análisis GAP, 2011), los datos que se registraron fueron los siguientes:

- 1) Se tomaron las coordenadas en Universal Transversal de Mercator (UTM)

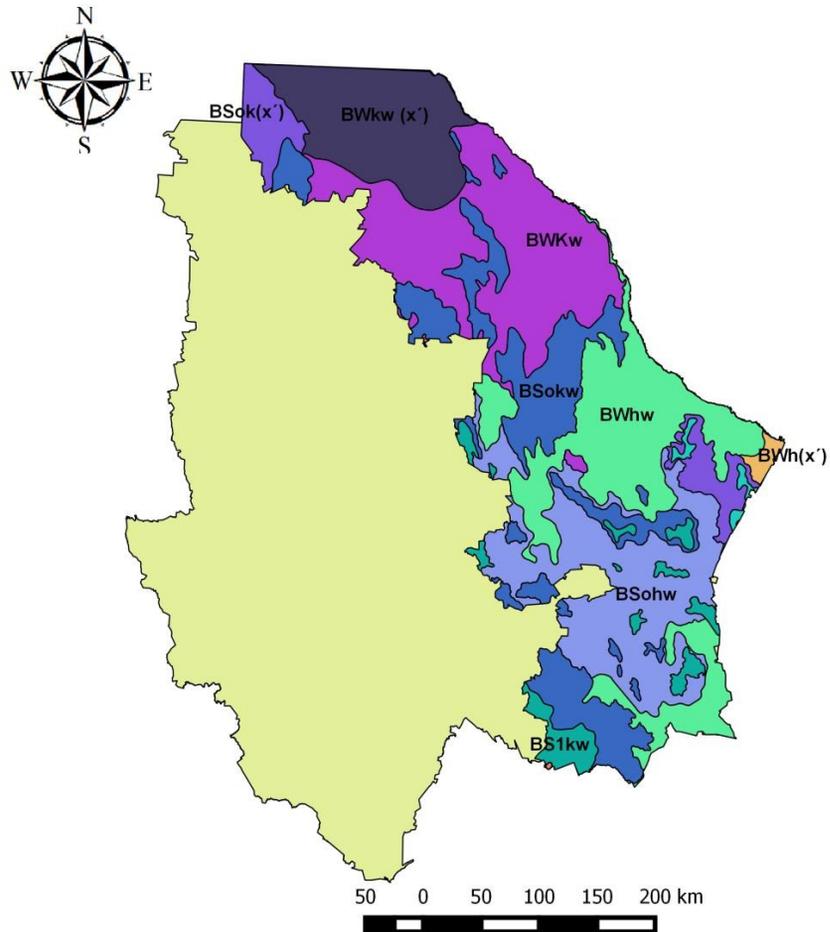


Figura 4. Los tipos de climas en el área de estudio, dominados por BW y Bs.

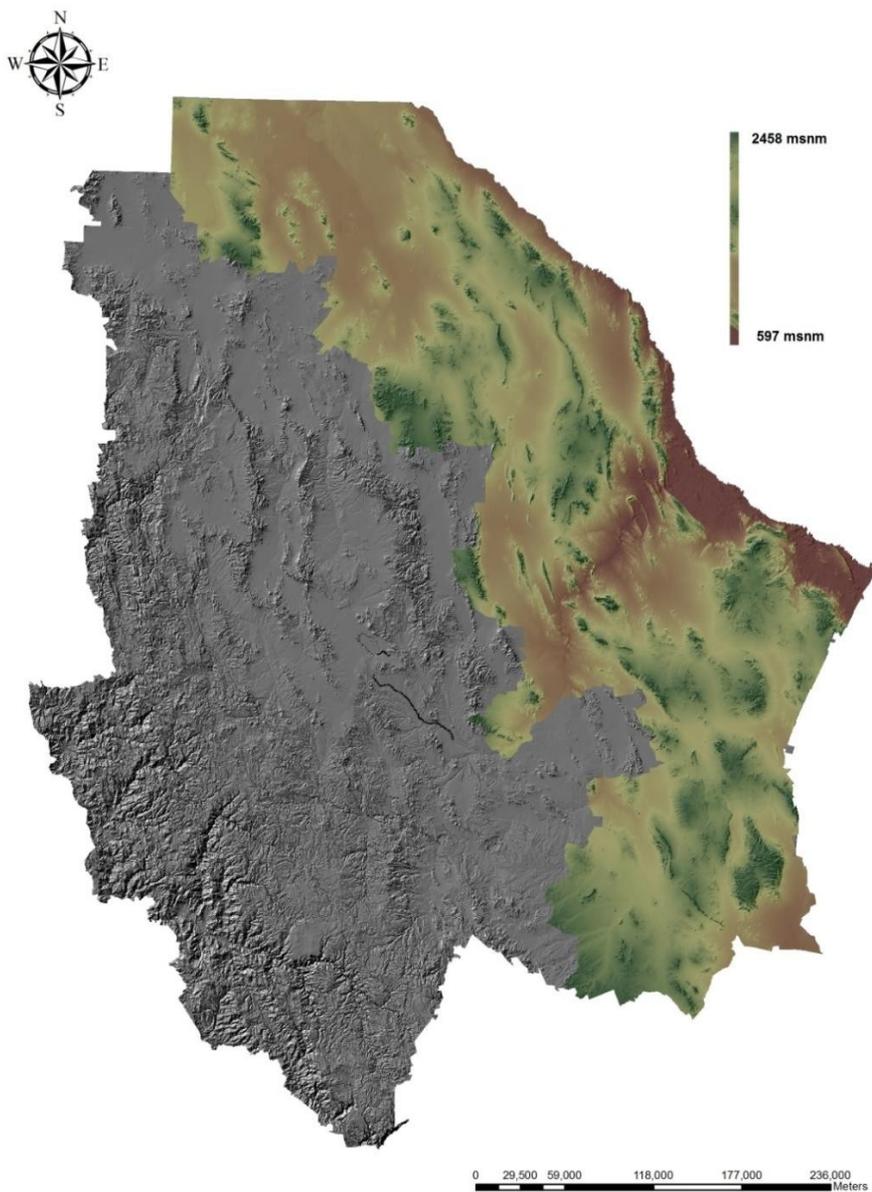


Figura 5. Mapa del modelo digital de elevación.



con la ayuda de un sistema de posicionamiento global , de cada sitio visitado.

- 2) Se identificaron visualmente las primeras cuatro especies más dominantes en base a su composición botánica en orden de la que se observaba con mayor presencia a la menor (cobertura de la planta).
- 3) Se tomó la lectura de la altitud de cada sitio visitado con un GPS.
- 4) Se determinó el tipo de comunidad vegetal en la zona, dependiendo de la vegetación existente teniendo matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, pastizal y zona de mezquite o mezquital.

Dependiendo del tipo de terreno y de la homogeneidad de la vegetación, la distancia entre cada punto de observación se estableció entre 3 y 5 km. En cada punto se caminó en forma lineal 1 km para poder recabar los datos en el siguiente orden: 1) Tipo de vegetación; 2) Nombre científico de las especies dominantes (registrando las 4 más dominantes en orden de abundancia); 3) se registró las especies de cactáceas presentes en el sitio; 4) Coordenadas geográficas en UTM; 5) Altitud y 6) Fotografías del sitio y de las especies, esto para cada sitio registrado.

Se realizó una base de datos con la información recabada en campo, posteriormente se consultó la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-Semarnat-2010) para identificar aquellas especies que presentaban algún estatus de riesgo para conocer cuántas especies contaban con estatus en la norma, se revisó información de clima de los últimos 30 años (Medina *et al.*, 2006) obtenida de 23 estaciones climatológicas que se encontraban cercanas a los sitios de muestreo.



Con la información recabada se realizaron mapas de distribución con el programa ArcMap versión 9.3 instalado en el Laboratorio de Computo de la Facultad de Zootecnia y Ecología, en donde se introdujeron las bases de datos con la información de los sitios de muestreo (que son coordenadas geográficas, género, especie), se sacó el modelo digital de elevación.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó la información recabada en campo y se consultó información de temperaturas máximas, mínimas y medias anuales, además de datos de precipitación de los 17 municipios. Los datos se obtuvieron de Medina *et al.* (2006) considerando aquellas estaciones meteorológicas más cercanas al punto de muestreo.

Se utilizó el programa SAS 9.2 (2002), en donde primero se llevó a cabo el análisis de correlación de Pearson, con un nivel de significancia del 5 %, se usó el procedimiento CORR. Se realizó un análisis de componentes principales utilizando el procedimiento PRINCOMP. Se hizo un análisis cluster (análisis de conglomerados) mediante el método de agrupamiento de Ward y se identificaron tres grupos distintivos. Los procedimientos mencionados anteriormente se trabajaron con dos bases de datos, una con la información de promedios para los géneros de cactáceas y otra con los valores de cada sitio para las especies. Los procedimientos se realizaron tanto con los géneros como con las especies de cactáceas.

Posteriormente se utilizaron los procedimientos STEPDISC, DISCRIM y MANOVA para determinar las variables con mayor poder discriminante, generar una función discriminante y analizar si existía diferencia entre grupos.



Por último se realizó una prueba de Ji cuadrada para ver si existe asociación entre los géneros de cactáceas y el género de vegetación dominante, complementándose con un análisis de correspondencia para conocer la asociación entre géneros de cactáceas y las especies de vegetación encontradas en los sitios, con el procedimiento CORRESP.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los 167 sitios visitados (Figura 6) se registraron cactáceas dentro de un total de 13 géneros y 61 especies (Cuadro 1), los géneros con mayor diversidad, fueron: *Opuntia* con 18 (29.5 %); *Coryphantha* con 11 especies y *Echinocereus* con 10. Los géneros con menor diversidad son: *Mammillaria* con 6 (9.7 %) especies, *Echinomastus* y *Echinocactus* con 4 y 3 especies respectivamente; el resto de los géneros tuvieron menos de dos especies registradas (Cuadro 2). Estrada y Villareal (2010) en un estudio de la flora del centro del estado de Chihuahua, reportaron un total de 10 géneros y 30 especies de cactáceas, donde los más abundantes fueron *Opuntia*, *Coryphantha* y *Echinocereus*. El género *Opuntia* tuvo la distribución más amplia (Figura 7) ya que de los 167 sitios visitados, solo en ocho no se tuvo presencia de alguna especie. Muñoz *et al.* (2008) indicaron que en zonas áridas y semiáridas la abundancia de especies del género *Opuntia* es mayor que en otros ecosistemas, con registros de especies desde los 793 msnm hasta los 1718 msnm. Por el contrario, se tuvieron otros sitios donde solo se encontró un sólo registro con una sola especie y algunos de los casos fueron: *Ariocarpus fissuratus*, *Glandulicactus uncinatus*, *Lophophora williamsii*.

Los mapas de distribución se elaboraron para cada género, en donde podemos destacar aquellos que se localizaron en tres municipios como máximo o dos municipios, los mapas se agregan en el Anexo I para su revisión. De las 61 especies registradas existen 13 (Cuadro 2) que se encuentran dentro de uno de los siguientes estatus: amenazada, endémica, rara y en peligro de extinción (NOM-059-Semarnat, 2010); *Peniocereus greggii* se encontró solo en tres sitios

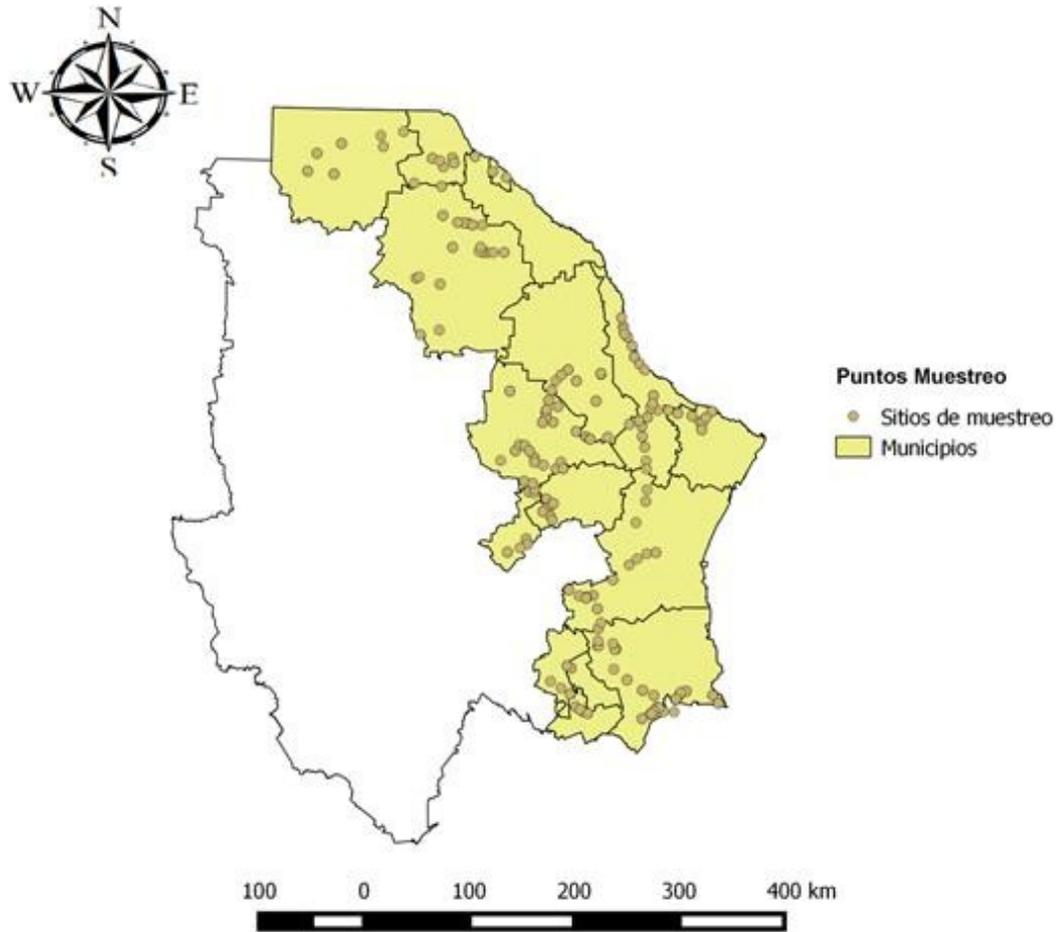


Figura 6. Mapa de distribución de los puntos de muestreo.



Cuadro 1. Listado de especies registradas durante el muestreo en campo

No.	Especies
1	<i>Ariocarpus fissuratus</i> K. Schum
2	<i>Coryphantha chihuahuensis</i> A. Berger
3	<i>Coryphantha delaetiana</i> Kakteen (Berger)
4	<i>Coryphantha duncanii</i> (Hester) L. D. Benson
5	<i>Coryphantha echinus</i> (Engelm.) Britton & Rose
6	<i>Coryphantha macromeris</i> Lem.
7	<i>Coryphantha poselgeriana</i> Britton & Rose
8	<i>Coryphantha ramillosa</i> Cutak
9	<i>Coryphantha robustispina</i> (A. Schott ex Engelm)
10	<i>Coryphantha sneedii</i> (Britton & Rose) A. Berger
11	<i>Coryphantha tuberculosa</i> (Engelm.) A. Berger
12	<i>Coryphantha vivipara</i> (Nutt.) Britton & Rose
13	<i>Echinocactus horizonthalonius</i> Lem.
14	<i>Echinocactus parryi</i> Engelm.
15	<i>Echinocactus texensis</i> Hopffer
16	<i>Echinocereus chloranthus</i> Engelm. Rümpler
17	<i>Echinocereus coccineus</i> Engelm.
18	<i>Echinocereus dasyacanthus</i> Engelm.
19	<i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm.
20	<i>Echinocereus fendleri</i> Sencke ex Haage
21	<i>Echinocereus pectinatus</i> Engelm.
22	<i>Echinocereus rigidissimus</i> (Engelm.) Rose
23	<i>Echinocereus roetteri</i> (Engelm.) ex Rümpler
24	<i>Echinocereus russanthus</i> D. Weniger
25	<i>Echinocereus stramineus</i> (Engelm.) F. Seitz
26	<i>Echinomastus intertextus</i> (Engelm.) Britton & Rose
27	<i>Echinomastus mariposensis</i> Hester
28	<i>Echinomastus unguispinus</i> (Engelm.) Britton & Rose
29	<i>Echinomastus warnockii</i> (L. D. Benson) Glass & R. Foster
30	<i>Epithelantha bokei</i> L. D. Benson
31	<i>Epithelantha micromeris</i> F. A. C. Weber



No.	Especies
32	<i>Ferocactus haematacanthus</i> (Muehlenpf.) Britton & Rose
33	<i>Ferocactus wislizenii</i>
34	<i>Glandulicactus uncinatus</i> (Galeotti) Backeb
35	<i>Lophophora williamsii</i> (Lem. Ex Salm-Dick) J. M. Coult
36	<i>Mammillaria grahamii</i> Engelm.
37	<i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf.
38	<i>Mammillaria lasiacantha</i> Engelm.
39	<i>Mammillaria pottsii</i> Scheer ex Salm-Dyck
40	<i>Mammillaria standleyi</i> (Britton & Rose) Orcutt
41	<i>Mammillaria wrightii</i> Engelm.
42	<i>Opuntia azurea</i> Rose
43	<i>Opuntia comanchica</i>
44	<i>Opuntia densispina</i> Ralston & Hilsenb
45	<i>Opuntia emoryi</i> Engelm.
46	<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dick ex Engelm.
47	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.
48	<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.
49	<i>Opuntia kleiniae</i> DC.
50	<i>Opuntia leptocaulis</i> DC.
51	<i>Opuntia macrocentra</i> Engelm.
52	<i>Opuntia phaeacantha</i> Engelm.
53	<i>Opuntia polyacantha</i> Haw.
54	<i>Opuntia pottsii</i> Salm-Dyck
55	<i>Opuntia rufida</i> Engelm.
56	<i>Opuntia schottii</i> Engelm.
57	<i>Opuntia spinosibacca</i> M.S. Anthony
58	<i>Opuntia spinosior</i> (Engelm.) Toumey
59	<i>Opuntia tortispina</i> Engelm. & J.M. Bigelow
60	<i>Peniocereus greggii</i> Engelm. Britton & Rose
61	<i>Thelocactus bicolor</i> (Galeotti) Britton & Rose



Cuadro 2. Número de especies por porcentajes y estatus en la NOM-059

Género	No. Especies	Porcentaje	No. con Estatus
<i>Ariocarpus</i>	1	2	1
<i>Coryphantha</i>	11	18	2
<i>Echinocactus</i>	3	5	1
<i>Echinocereus</i>	10	16	0
<i>Echinomastus</i>	4	7	4
<i>Epithelantha</i>	2	3	2
<i>Ferocactus</i>	2	3	1
<i>Glandulicactus</i>	1	12	0
<i>Lophophora</i>	1	1	1
<i>Mammillaria</i>	6	10	0
<i>Opuntia</i>	18	30	0
<i>Peniocereus</i>	1	1	1
<i>Thelocactus</i>	1	2	0

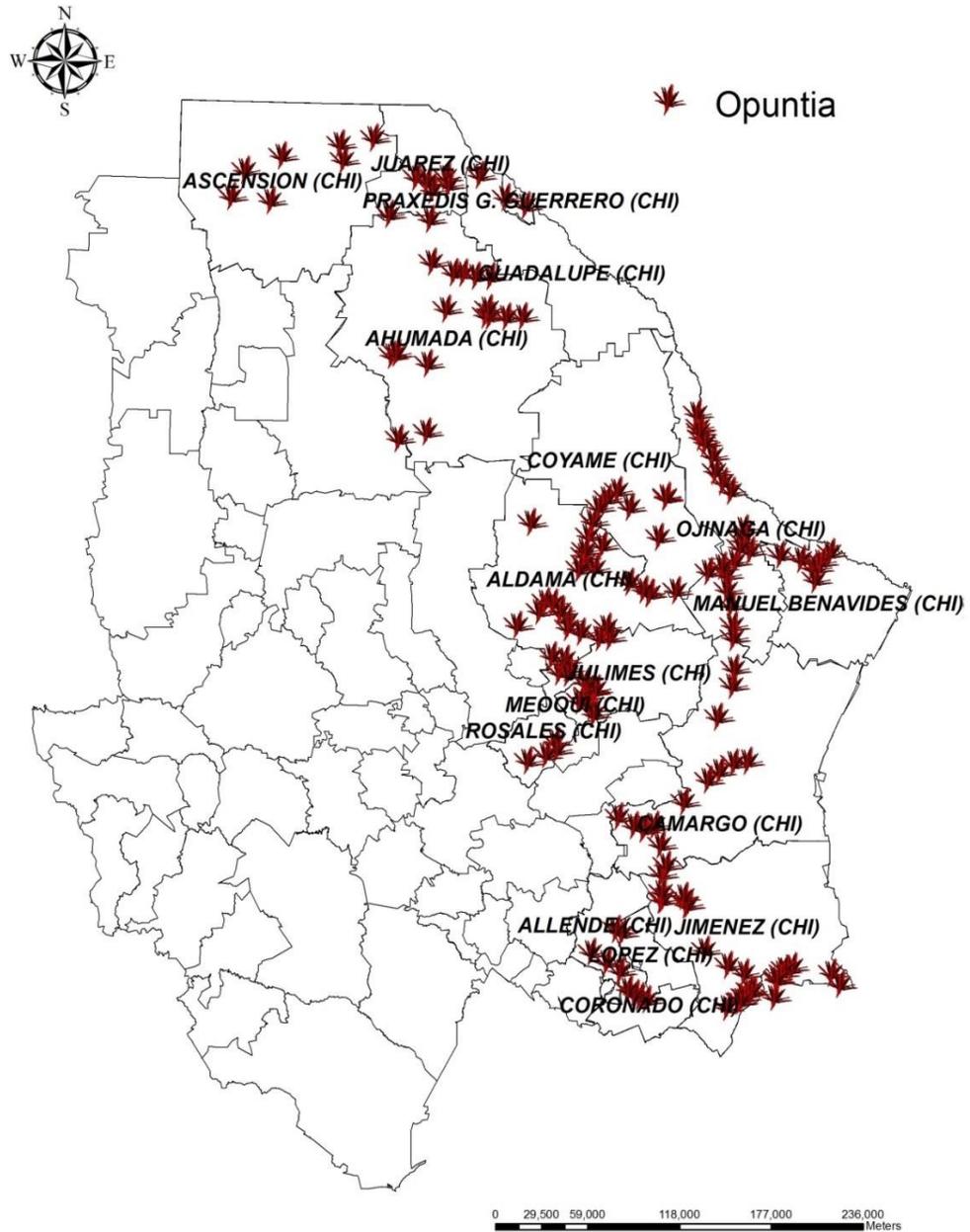


Figura 7. Mapa de distribución del género *Opuntia*.



Cuadro 3. Estatus de especies en la NOM-059 y sitios donde se encuentran

No.	Especies	Estatus	No. Sitios
1	<i>Ariocarpus fissuratus</i>	Amenazada y endémica	8
2	<i>Coryphantha poselgeriana</i>	Amenazada y endémica	9
3	<i>Coryphantha ramillosa</i>	Amenazada	13
4	<i>Echinocactus parryi</i>	Amenazada y endémica	4
5	<i>Echinomastus intertextus</i>	Amenazada y endémica	3
6	<i>Echinomastus mariposensis</i>	Amenazada y endémica	1
7	<i>Echinomastus unguispinus</i>	Rara y endémica	11
8	<i>Echinomastus warnockii</i>	Rara	1
9	<i>Epithelantha bokei</i>	Amenazada	1
10	<i>Epithelantha micromeris</i>	Rara	4
11	<i>Ferocactus haematacanthus</i>	Rara y endémica	23
12	<i>Lophophora williamsii</i>	Peligro endémica	5
13	<i>Peniocereus greggii</i>	Rara	3



donde hubo dos registros en el municipio de Jiménez y otro en Ascensión; *Lophophora williamsii* que está catalogada como en peligro de extinción, se localizó en los municipios de Jiménez, Camargo y Coyame.

Royo y Melgoza (2005) incluyeron las especies de *Ariocarpus fissuratus*, *Coryphantha ramillosa*, *Coryphantha poselgeriana*, *Echinocactus parryi*, *Echinomastus intertextus*, *Echinomastus unguispinus*, *Echinomastus warnockii*, *Epithelantha micromeris*, *Ferocactus haematacanthus*, *Lophophora williamsii* y *Peiocereus greggii* coincidiendo con 11 de las 13 especies registradas en esta investigación las cuales presentan algún estatus en el estado de Chihuahua.

Información obtenida de Medina *et al.* (2006) sobre las diferentes estaciones meteorológicas (Cuadro 4) se revisaron los datos históricos de precipitación, temperatura máxima media, mínima media y media anual, en el cual el género *Thelocactus* se puede localizar en sitios con una precipitación de 370 mm al año y una temperatura mínima media de 9 °C.

Análisis de Correlación

La temperatura media anual (TMA), temperatura máxima media (TMAX) y temperatura mínima media (TMIN) están altamente relacionadas entre sí con valores de correlación lineal de 0.87 a 0.95 ($P < 0.005$); además estas variables fueron las que mayormente influyeron en la presencia de los géneros de cactáceas en los sitios visitados ($P < 0.05$).

Los valores de latitud geográfica (Y) mostraron una correlación negativa con la temperatura media anual ($r = -0.58$; $P < 0.001$). En caso contrario la distancia del sitio a la cabecera municipal se mostró altamente correlacionada de forma positiva con la TMAX ($r = 0.85$; $P < 0.005$) y con TMA ($r = 0.79$; $P < 0.005$).



Cuadro 4. Valores promedio de los datos de estaciones meteorológicas para los géneros de cactáceas

	TMA	Precipitación	TMAXM	TMINM
<i>Coryphanta</i>	18.9	328.4	27.8	10.0
<i>Ariocarpus</i>	19.9	293.3	28.8	11.1
<i>Echinocereus</i>	19.1	309	28	10.4
<i>Echinomastus</i>	20.0	292.8	29.5	10.7
<i>Epithelantha</i>	20.1	316.9	28.9	11.4
<i>Ferocactus</i>	18.8	312.8	27.8	9.9
<i>Glandulicactus</i>	18.8	319.4	27.7	10.1
<i>Lophophora</i>	20.7	297.9	30.1	11.4
<i>Peniocereus</i>	20.7	436.5	30.3	11.2
<i>Thelocactus</i>	18.3	370.1	27.3	9.3
<i>Mammillaria</i>	19.0	326.9	27.8	10.2
<i>Opuntia</i>	18.7	329.3	27.5	9.8
Promedio	19.4	327.8	28.5	10.5

TMA: temperatura media anual; TMAX: temperatura máxima media; TMIN: temperatura mínima media

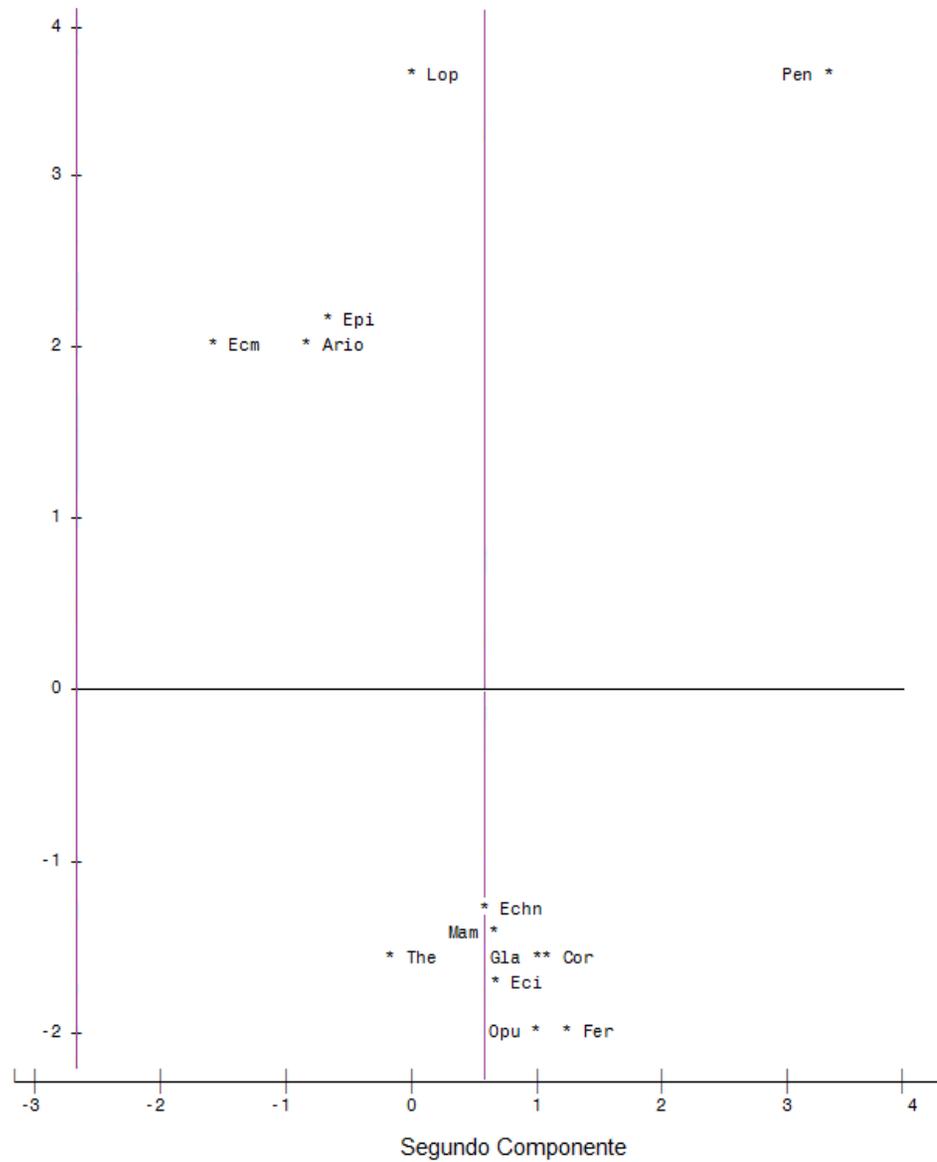


Análisis Componentes Principales y Clúster

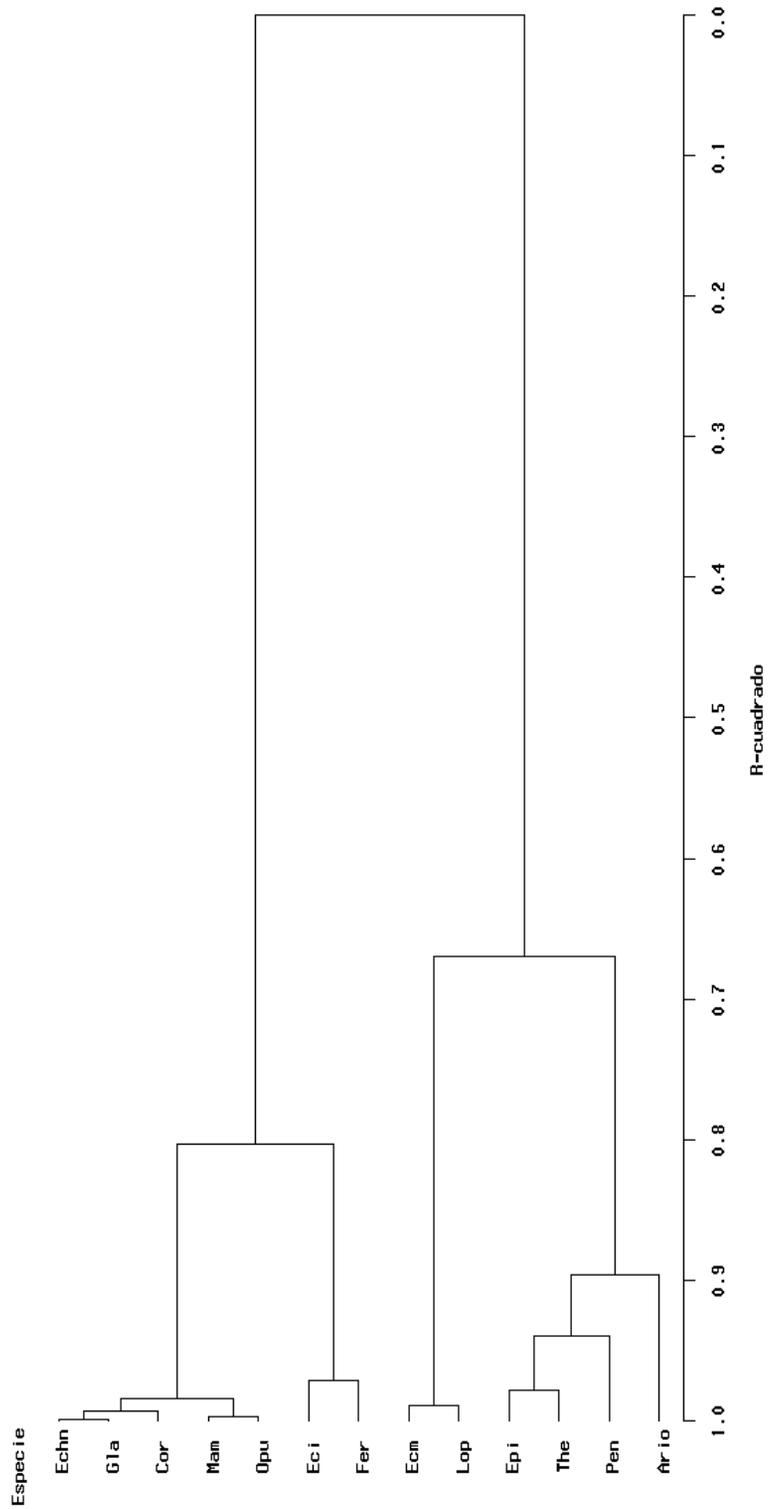
El análisis de componentes principales mostro la variabilidad entre los géneros de cactáceas, apreciándose de manera muy contrastante el género *Peniocereus* del resto y a los géneros *Lophophora*, *Epithelantha*, *Aerocarpus* y *Echinomastus*, mostrando el resto de los géneros una variabilidad más homogénea (Gráfica 1).

En el análisis clúster para géneros se identificaron tres grupos distintivos (Gráfica 2), los cuales se formaron de la siguiente manera; el grupo 1 concentró los géneros *Echinocactus*, *Glandulicactus*, *Mammillaria*, *Opuntia*, *Coryphantha* *Echinocereus* y *Ferocactus* siendo este el grupo más grande. El clúster 2 de géneros está conformado por dos géneros que son *Echinomastus* y *Lophophora*, estos géneros tienen una tolerancia a temperaturas más altas su temperatura media anual es de $20.3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm .49$, con temperaturas máximas (TMAX) de $29.8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm .42$.

Para el cluster tres se concentran los siguientes géneros; *Epithelantha*, *Thelocactus*, *Peniocereus* y *Ariocarpus*, de estos cuatro géneros tres cuentan con especies que tienen algún estatus en la Norma 059, las cuales podemos inferir que al presentarse a una distancia promedio de $55\text{ Km} \pm 15.8$, una TMAX de $28.8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.23$ y una TMIN de $10.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm .97$ hay una mayor probabilidad de presencia de estas especies. Godínez y Ortega (2007) en un estudio realizado sobre la diversidad de cactus en México describieron que existe una correlación entre los factores ambientales (temperatura media anual, temperatura máxima y mínima y precipitación mínima mensual), la riqueza de especies y endemismo es decir los estados más áridos tienen mayor riqueza de especies pero también



Gráfica 1. Variabilidad entre géneros de cactáceas



Gráfica 2. Clúster de los géneros de cactáceas.



un mayor número de especies endémicas.

Posteriormente se trabajó con el análisis clúster considerando la especie como criterio de identificación. El grupo 2 concentro la mayoría de las especies; en el grupo 1 concentro las especies *Coryphantha duncanii*, *Echinocereus roetteri*, *Echinocactus parryi* y *Mammillaria wrightii* donde se observa que la temperatura máxima media (TMAX) es de 27.8 °C. La TMAX está relacionada de forma positiva con la distancia al municipio ($r = 0.71$; $P < 0.0001$) con una media de 38.7 km y de forma negativa con la latitud ($r = -0.52$; $P < 0.0001$) con un promedio de 3201652 y la altitud con una media de 1260 msnm ± 108 , la precipitación para este grupo tiene un promedio de 257 mm al año. Diferentes estudios concluyeron que es necesario analizar la relación entre la riqueza de especies, endemismo y los diferentes factores ambientales para determinar cuáles de estos factores pueden explicar la diversidad de cactus.

El clúster 3 agrupó siete especies: *Opuntia spinosior*, *Opuntia tortispina*, *Echinocereus fendleri*, *Opuntia comanchica*, *Mammillaria grahamii*, *Echinocereus coccineus* y *Opuntia polyacantha*, las cuales son especies que se desarrollan en sitios con mayor precipitación (PP) promediando 390 mm al año. La precipitación tiene una correlación positiva (0.53) con la altitud ($r = -0.53$; $P < 0.0001$) la cual tiene un promedio de 1294 msnm, en cambio la temperatura mínima esta correlacionada ($r = 0.85$; $P < 0.0001$) en forma negativa con la temperatura media anual.

La correlación positiva en la distancia del municipio nos indica que entre más alejada se encuentre una especie de un poblado mayor va a ser la probabilidad de que tengamos la presencia de cierta especie en el sitio.



Hernández *et al.* (2007) establecieron que la supervivencia de las cactáceas se ve afectada principalmente por las actividades antropogénicas como la extracción ilegal, la modificación y destrucción de hábitat. Posteriormente Jiménez (2011) indica que los mayores riesgos para las cactáceas son el cambio de uso de suelo, la introducción de especies exóticas (como el ganado bovino, caprino, caballo y Aznar que utilizan las cactáceas como forraje o al transformar la dinámica de la comunidad vegetal) y la colecta directa de ejemplares.

Análisis de Ji Cuadrada y de Correspondencia

La prueba de ji cuadrada mostró que existe asociación entre la presencia de individuos de los distintos géneros de cactáceas y género de vegetación dominante ($P < 0.0001$).

En este mismo sentido el análisis de correspondencia mostro gráficamente que existe correspondencia entre los géneros de cactáceas y los géneros de vegetación, donde los géneros de cactáceas; *Opuntia*, *Echinocactus*, *Echinomastus*, *Echinocereus* y *Glandulicactus* están más asociados con los géneros de vegetación dominantes; *Agaves*, *Yucca*, *Euphorbia*, *Larrea*, *Acacia*, *Parthenium* y *Tiquilia*. Los géneros antes mencionados que más similitud en su distribución geográfica mostraron fueron *Coryphantha*, *Mammillaria* y *Epithelantha*.

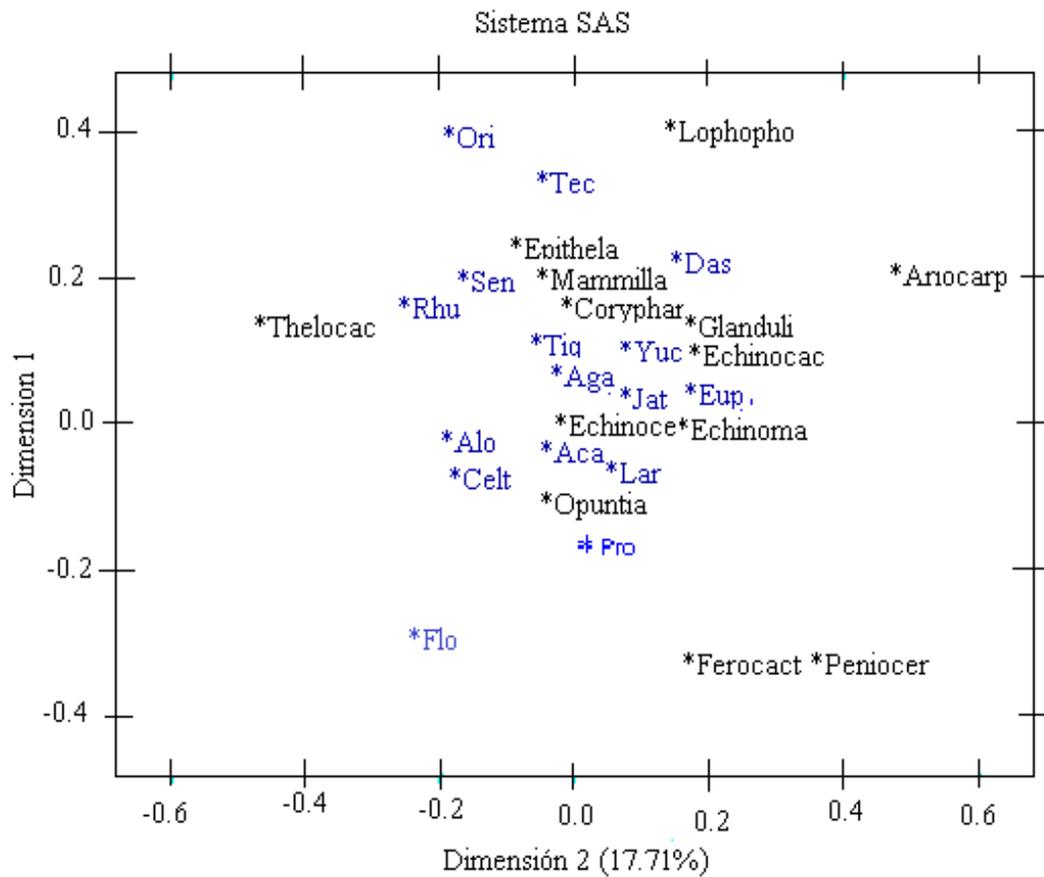
Por otro lado los géneros *Peniocereus* y *Ferocactus* tienen estrecha similitud geográfica entre ellos pero muestran una baja correspondencia, sin embargo Meza *et al.* (2014) mostraron que algunas especies de *Ferocactus* se pueden encontrar en condiciones solitarias o formar grupos de dos o tres



ejemplares, lo más común es con plantas arbustivas como *Mimosa sp.*, *Acacia sp.*, y *Prosopis*, teniendo solamente *Prosopis* con una correspondencia con *Ferocactus*. *Thelocactus* tiene una asociación lineal con el género *Rhus* y no tiene similitud cercana con otro género de cactáceas: en el análisis clúster se agrupa con otros tres géneros de cactáceas. En el caso de *Ariocarpus* y *Lophophora* son géneros muy distantes al resto de los géneros observados (Grafica 3).

Villavicencio *et al.* (2006) en un estudio realizado en el estado de Coahuila sobre “Distribución digitalizada y características ecológicas del genero *Ariocarpus spp.*, en Coahuila” el género *Ariocarpus* se asocia con los géneros *Echinocactus*, *Opuntia*, *Mammillaria*, *Ferocactus* y *Epithelantha*.

Ortiz y Mandujano (2010) informaron que el género *Lophophora* se encuentra asociado a otras especies en un 91 %, siendo los principales géneros *Larrea tridentata* y *Acacia sp.*, ya que buscan la protección de estas plantas sirviéndoles como nodrizas encontrando menos individuos en espacios abiertos. Este género tuvo muy poca presencia en los sitios por lo que la información que se tenía pudo no ser suficiente para establecer una similitud o correlación con otros géneros, en el Anexo II se encuentra el cuadro con frecuencias de especies de cactáceas con especies de vegetación.



Gráfica 3. Análisis de correspondencia entre géneros de cactáceas y géneros de vegetación dominante y similitud entre plantas de los mismos géneros.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el presente estudio se pudo obtener un inventario actualizado de las especies de cactáceas que podemos encontrar en los 17 municipios que comprenden las zonas áridas del Estado de Chihuahua, la cual es información muy valiosa debido a que se puede hacer una comparación con estudios anteriores y medir si los inventarios de especies se han mantenido o bien han disminuido con el paso del tiempo. Esta información es importante para poder tomar medidas de conservación sobre todo para aquellas especies que presentan algún estatus en la norma y para aquellas especies que se localizaron en pocos sitios.

A partir de los mapas de distribución se pudieron identificar los sitios que cuentan con las condiciones más óptimas para tener la presencia de las especies de cactáceas y en las cuales se pudo observar aquellas que tienen una distribución más restringida.

Con los análisis discriminante, asociaciones vegetales, correlación podemos concluir que la mayoría de las especies de cactáceas aun y cuando no forman conglomerados muy grandes, estas si se asocian con otras especies para asegurar su existencia y están sujetas a la presencia o ausencia por las temperaturas.

Se recomienda realizar estudios más detallados por géneros, sobre todo aquellos que se localizaron en menos sitios y se encuentran listados en las normas. Con el fin de obtener más información de su hábitat, estudios de suelo en donde se localizó la cactácea para poder predecir su existencia o ausencia en un futuro, sobre todo si cambian drásticamente sus condiciones de hábitat.



Además de realizar muestreo en diferentes épocas del año para ver si existe diferencia en la presencia de las cactáceas (sobre todo en la época de floración, ya que por la atracción de la misma pueden estar sujetas a mayor extracción lo que condicionaría la presencia de las especies en campo a la hora del inventario).



ANEXO I

Mapas de distribución de géneros de cactáceas

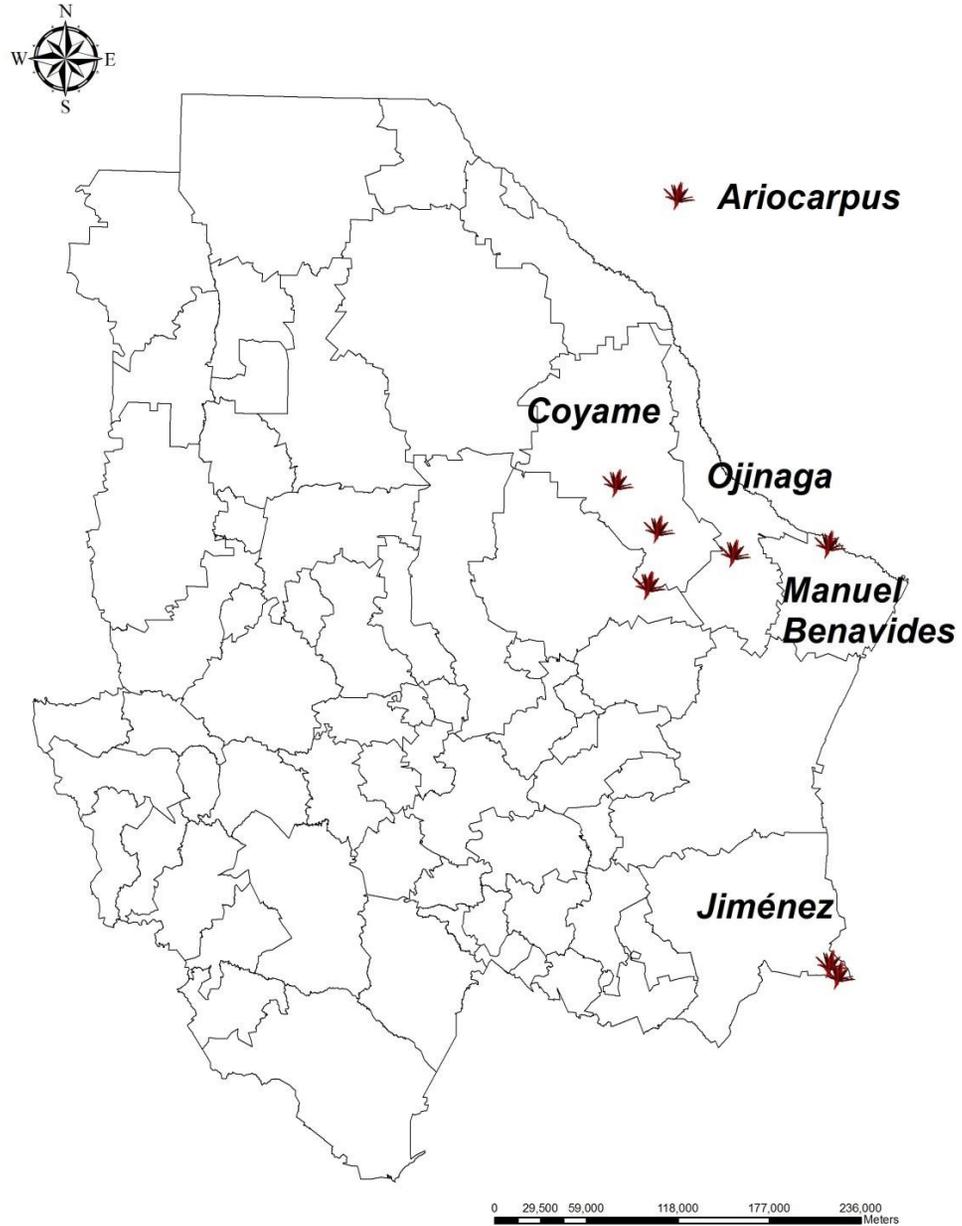


Figura 1. Distribución del género *Ariocarpus*.

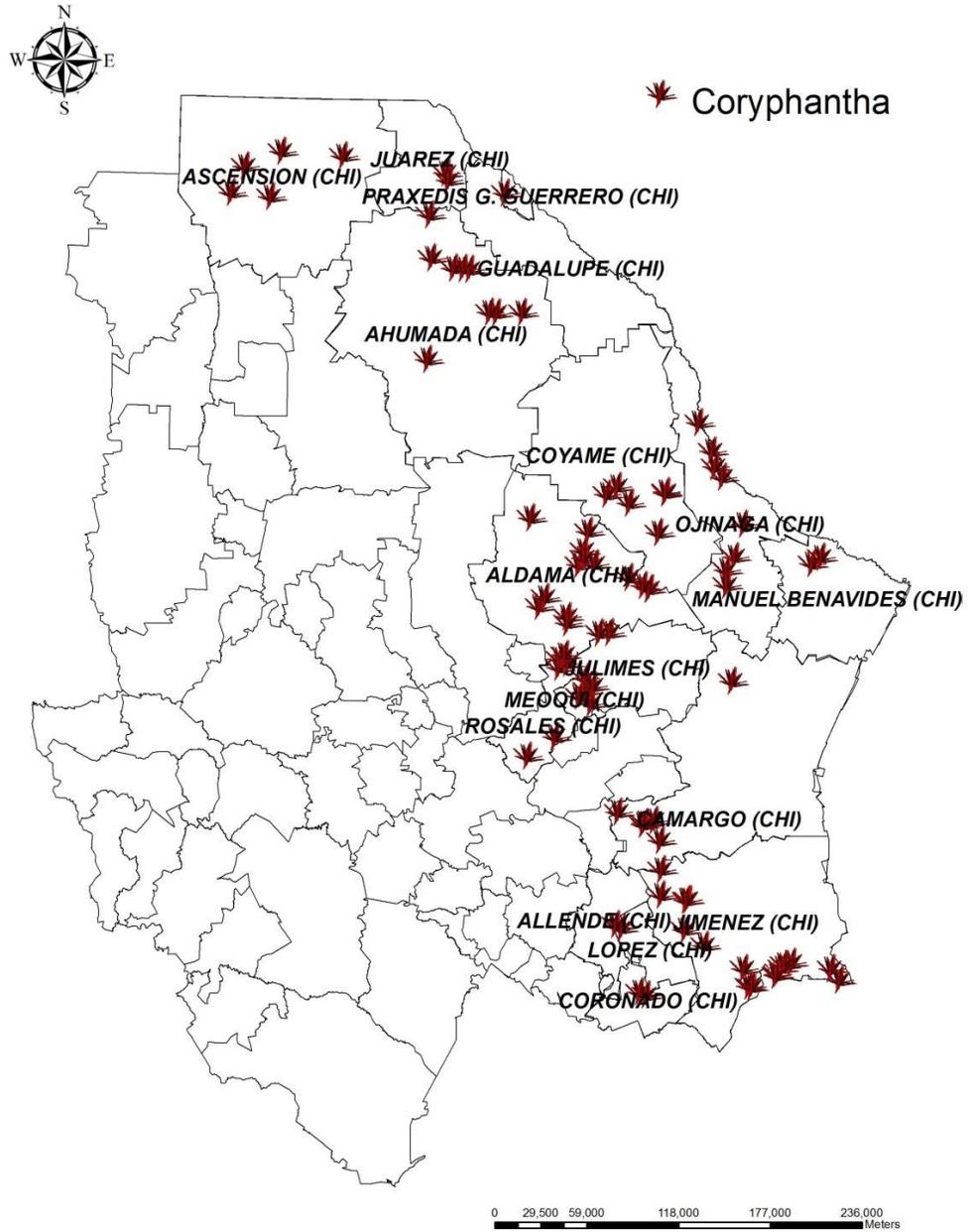


Figura 2. Distribución del género *Coryphantha*.

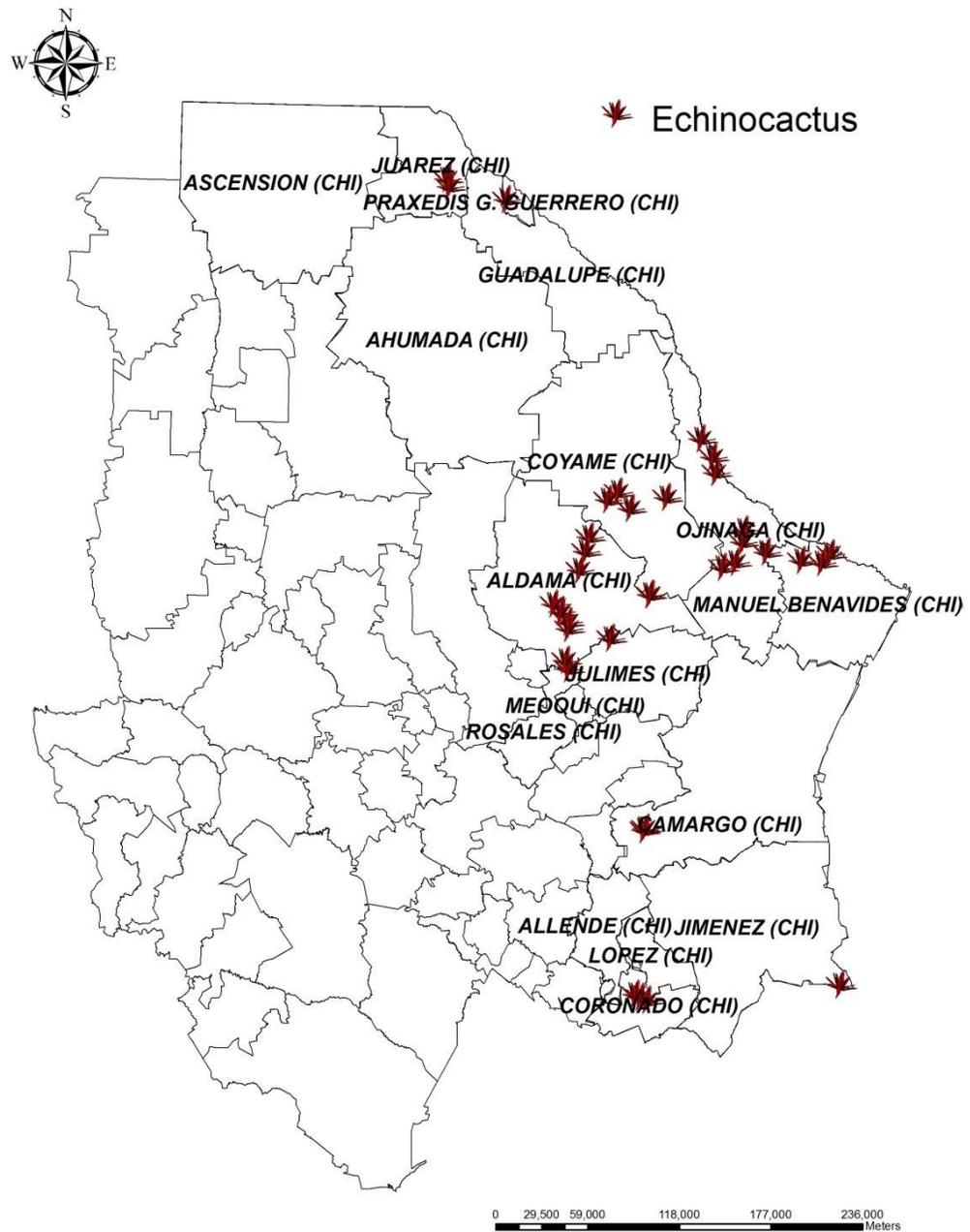


Figura 3. Distribución del género *Echinocactus*.

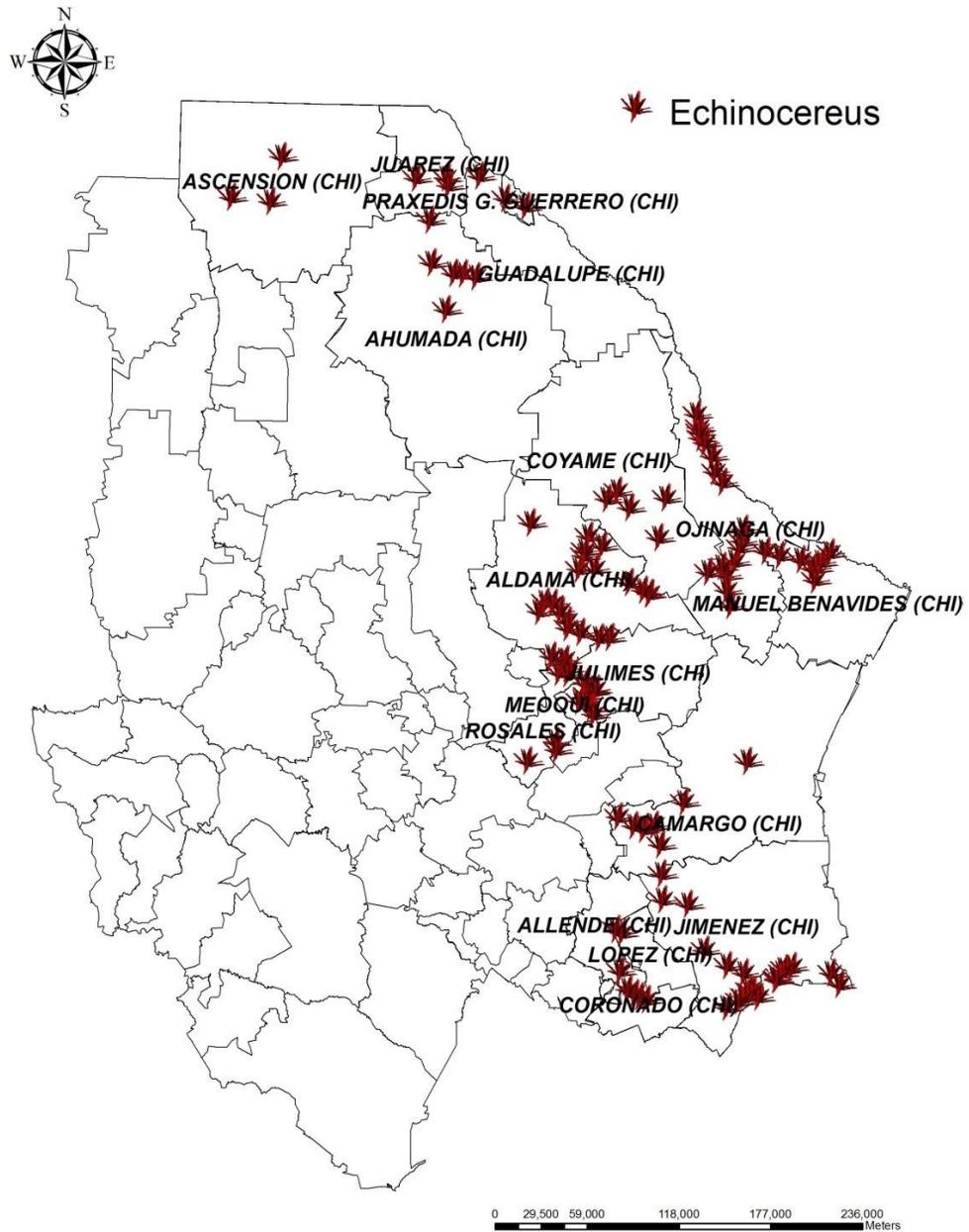


Figura 4. Distribución del género *Echinocereus*.

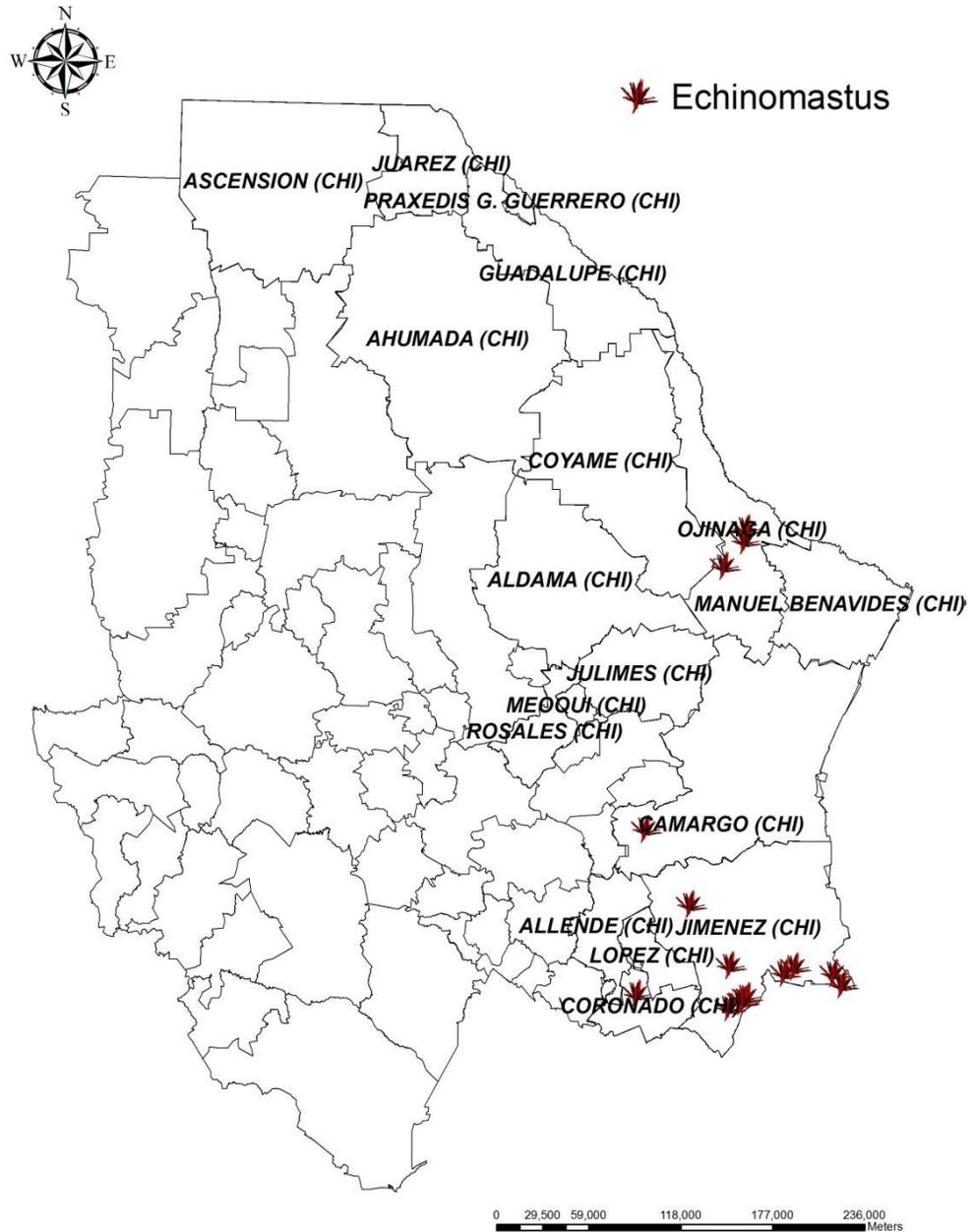


Figura 5. Distribución del género *Echinomastus*.



Figura 6. Distribución del género *Epithelantha*.

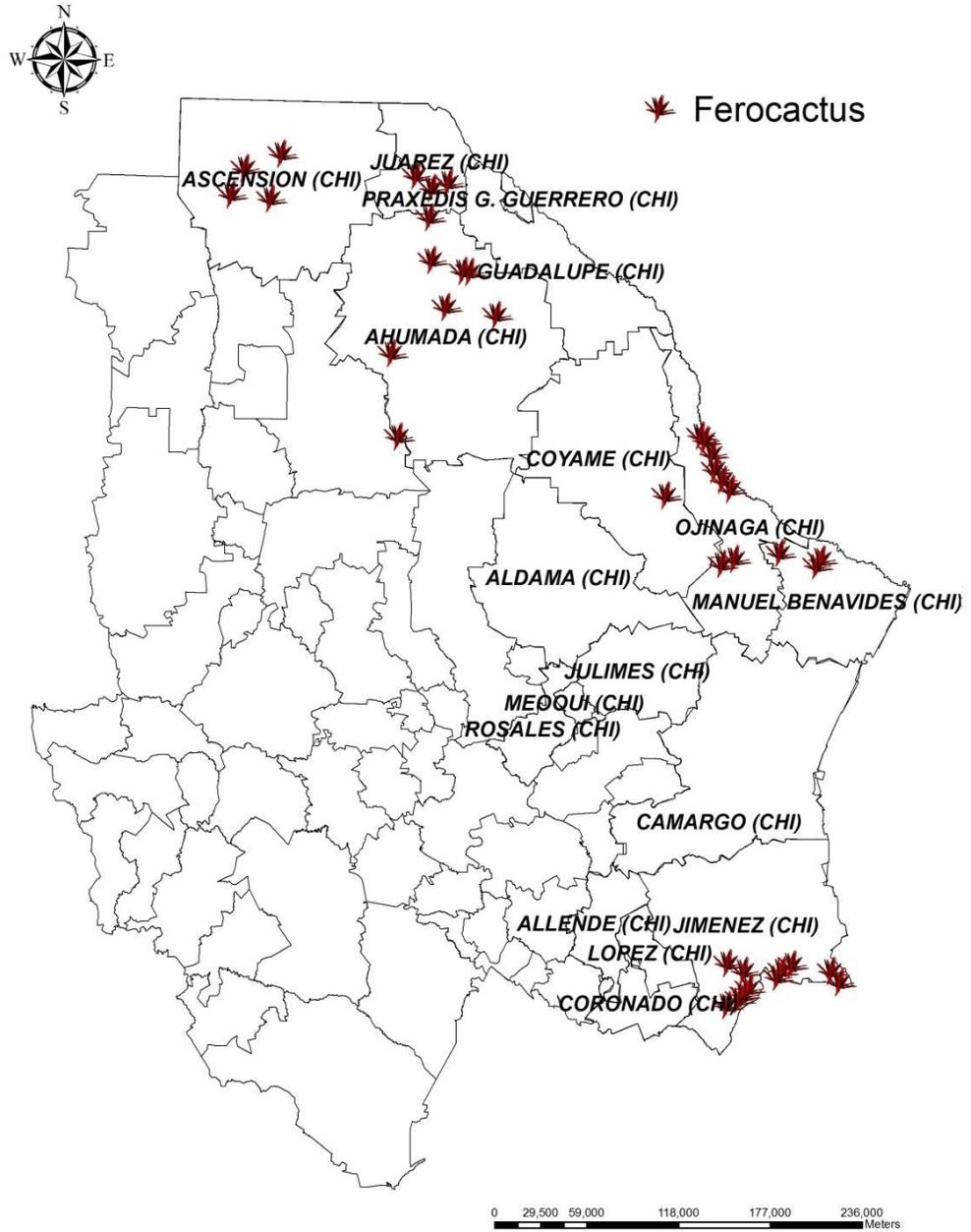


Figura 7. Distribución del género *Ferocactus*.

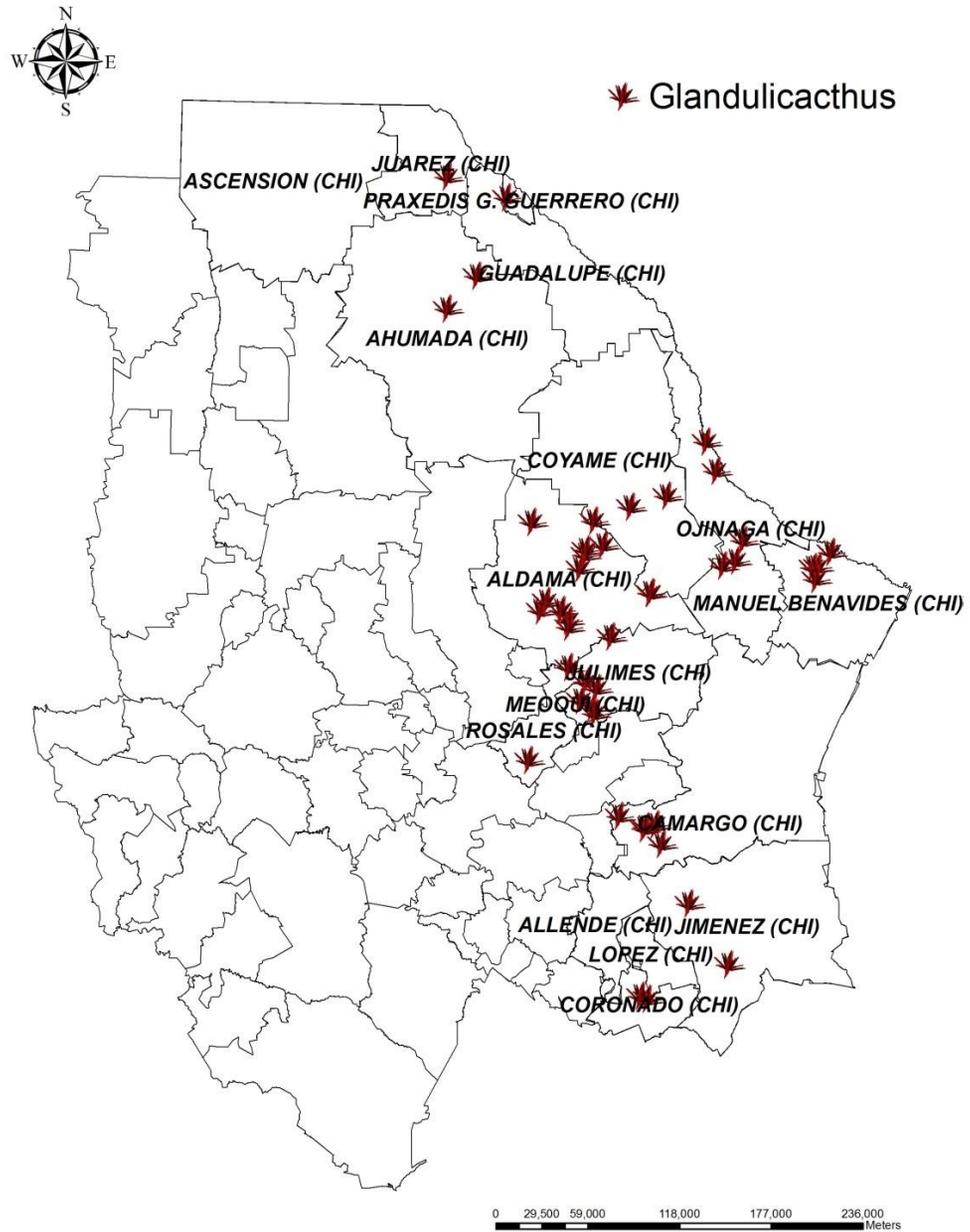


Figura 8. Distribución del género *Glandulicactus*



Figura 9. Distribución del género *Lophophora*

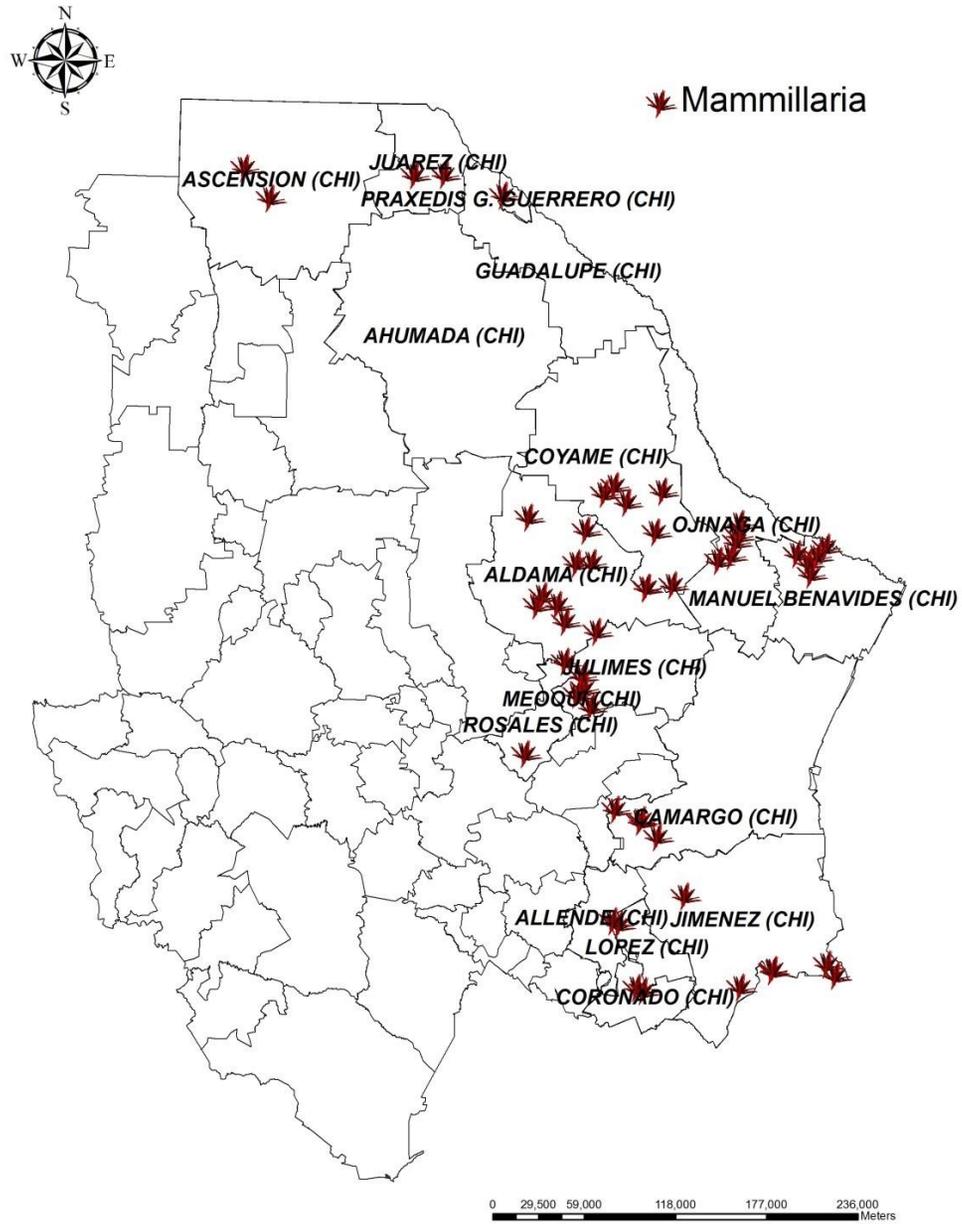


Figura 10. Distribución del género *Mammillaria*

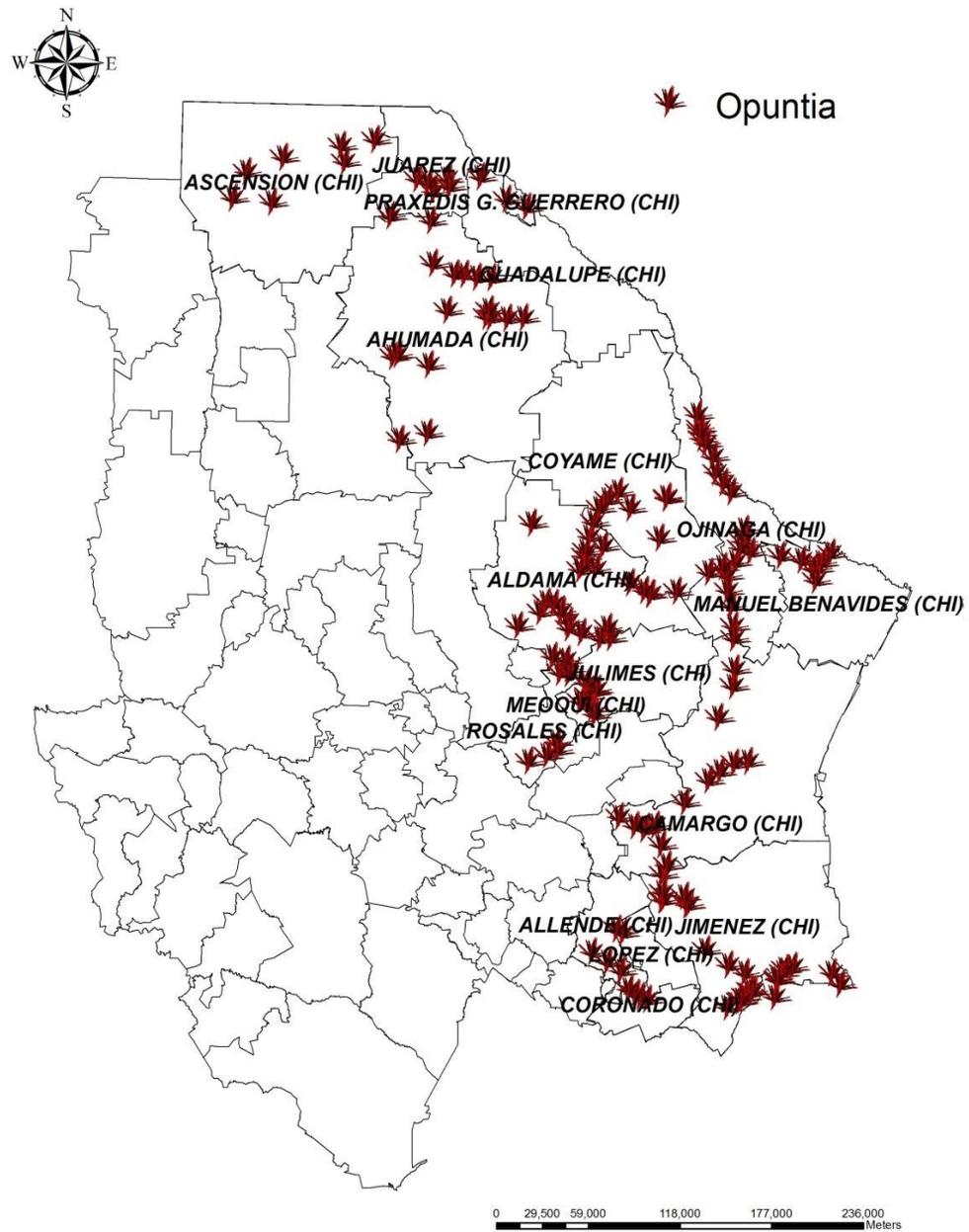


Figura 11. Distribución del género *Opuntia*



Figura 12. Distribución del género *Peniocereus*

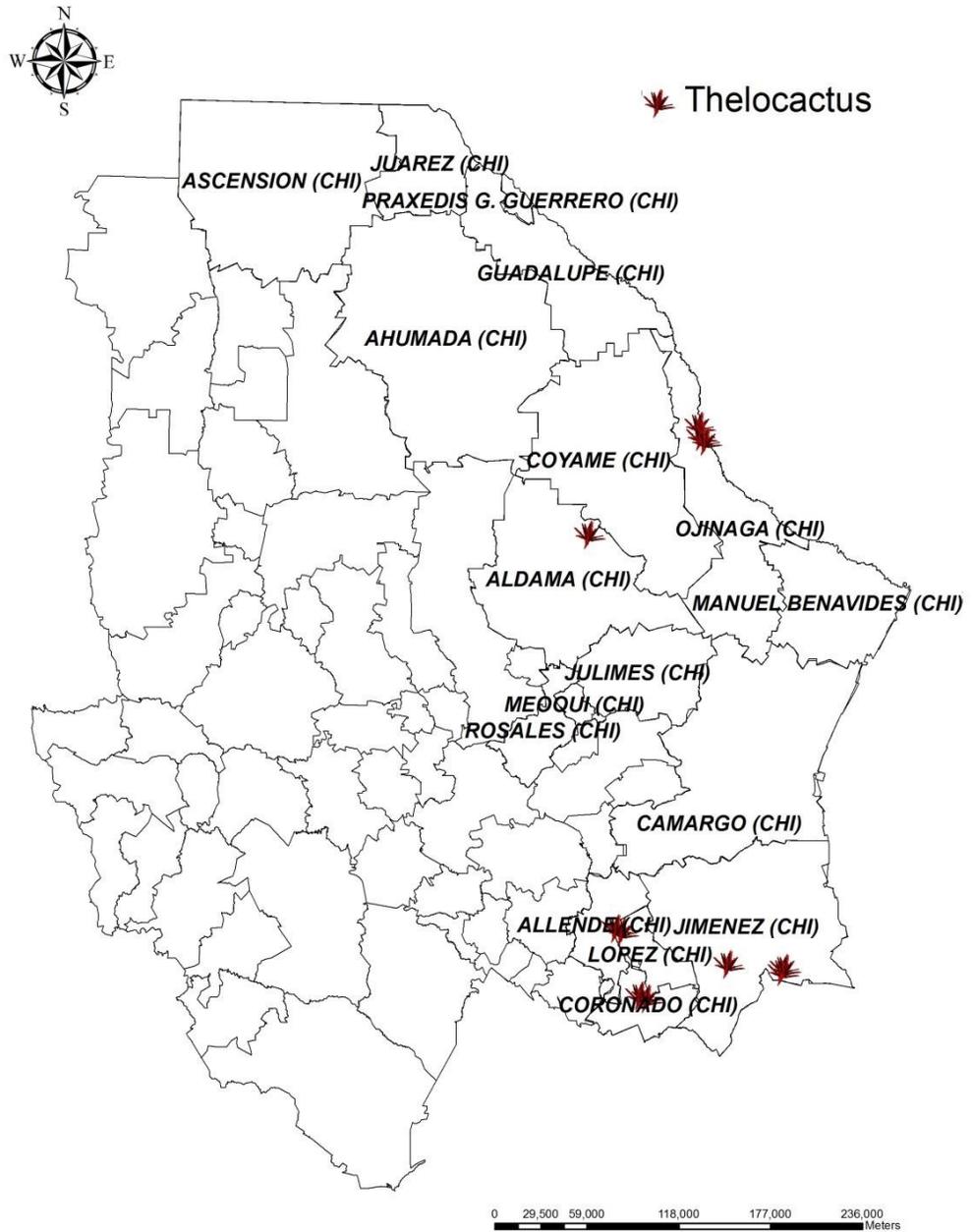


Figura 13. Distribución del género *Thelocactus*,



ANEXO II

Cuadro 1. Frecuencias de géneros de cactáceas con géneros de plantas asociadas

No.	Género Cactáceas	Acacia	Agave	Aloysia	Buddleja	Celtis	Condalia
1	<i>Ariocarpus</i>	3	0	0	0	0	1
2	<i>Coryphantha</i>	92	41	34	14	19	14
3	<i>Echinocactus</i>	25	9	4	0	2	3
4	<i>Echinocereus</i>	132	50	35	18	28	18
5	<i>Echinomastus</i>	12	5	4	3	2	1
6	<i>Epithelantha</i>	3	1	0	1	0	0
7	<i>Ferocactus</i>	13	7	5	2	0	3
8	<i>Glandulicactus</i>	29	10	7	3	6	1
9	<i>Lophophora</i>	3	0	0	1	1	0
10	<i>Mammillaria</i>	46	20	15	7	9	4
11	<i>Opuntia</i>	368	104	107	37	82	52
12	<i>Peniocereus</i>	1	0	0	0	0	0
13	<i>Thelocactus</i>	6	4	6	1	2	1
	Total	733	251	217	87	151	98



Continuación

No.	Género Cactáceas	<i>Dasyliirion</i>	<i>Euphorbia</i>	<i>Flourensia</i>	<i>Fouquieria</i>	<i>Jatropha</i>
1	<i>Ariocarpus</i>	3	2	0	6	3
2	<i>Coryphantha</i>	27	30	19	122	82
3	<i>Echinocactus</i>	6	2	0	28	17
4	<i>Echinocereus</i>	14	30	25	152	92
5	<i>Echinomastus</i>	3	8	3	9	10
6	<i>Epithelantha</i>	0	0	0	4	3
7	<i>Ferocactus</i>	3	5	6	22	13
8	<i>Glandulicactus</i>	5	7	2	38	25
9	<i>Lophophora</i>	1	2	0	4	5
10	<i>Mammillaria</i>	10	11	5	57	38
11	<i>Opuntia</i>	49	72	107	384	253
12	<i>Peniocereus</i>	0	1	1	3	2
13	<i>Thelocactus</i>	2	0	4	8	7
	Total	123	170	172	837	550



Continuación

No.	Género Cactáceas	<i>Krameria</i>	<i>Larrea</i>	<i>Originum</i>	<i>Parthenium</i>	<i>Prosopis</i>
1	<i>Ariocarpus</i>	0	7	0	2	4
2	<i>Coryphantha</i>	3	147	27	75	91
3	<i>Echinocactus</i>	4	39	2	22	21
4	<i>Echinocereus</i>	14	196	21	93	126
5	<i>Echinomastus</i>	2	12	1	3	5
6	<i>Epithelantha</i>	0	5	1	2	2
7	<i>Ferocactus</i>	3	31	0	7	24
8	<i>Glandulicactus</i>	3	44	5	27	26
9	<i>Lophophora</i>	0	5	2	2	2
10	<i>Mammillaria</i>	5	65	13	38	30
11	<i>Opuntia</i>	49	532	41	255	387
12	<i>Peniocereus</i>	0	3	0	1	1
13	<i>Thelocactus</i>	0	10	3	3	4
	Total	83	1096	116	530	723



Continuación

No.	Género Cactáceas	<i>Rhus</i>	<i>Senna</i>	<i>Tecoma</i>	<i>Tiquilia</i>	<i>Yucca</i>
1	<i>Ariocarpus</i>	1	0	1	2	5
2	<i>Coryphantha</i>	19	39	23	47	72
3	<i>Echinocactus</i>	3	3	4	8	23
4	<i>Echinocereus</i>	16	35	18	54	82
5	<i>Echinomastus</i>	0	1	1	2	5
6	<i>Epithelantha</i>	0	2	1	1	1
7	<i>Ferocactus</i>	0	1	0	2	10
8	<i>Glandulicactus</i>	4	9	7	17	20
9	<i>Lophophora</i>	0	2	1	1	3
10	<i>Mammillaria</i>	12	15	10	18	35
11	<i>Opuntia</i>	52	82	40	122	189
12	<i>Peniocereus</i>	0	0	0	0	1
13	<i>Thelocactus</i>	4	2	2	1	5
	Total	111	108	275	451	191



LITERATURA CITADA

- Alcaraz, F. 2009. Desiertos y semidesiertos. Universidad de Murcia España, En: www.um.es Consultado 2 de Noviembre 2010.
- Análisis GAP. 2011. Oregon GAP analysis program. Portland State University. En: <http://www.pdx.edu/pnwlamp/oregon-gap-analysis-program> Consultado 26 de Agosto 2011.
- Bravo, H. y L. Scheinvar. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica, UNAM, México.
- Carmona-Lara, M., R. Foroughbakhch, A. Flores-Valdez, M. Alvarado y M. Guzmán. 2007. Flora cactológica y especies asociadas en el área natural protegida Sierra Corral de los Bandidos, Nuevo León, México. *Rev. Méx. Biod.* 79:307-323.
- Casas, A. 2002. Uso y manejo de cactáceas columnares mesoamericanas. *CONABIO. Rev. Mex. Biod.* 40:18-23.
- Ceroni, A. 2003. Composición florística y vegetación de la cuenca gallega, Morropon, Piura, Perú. *J. Eco. Apli.* 2:1-8.
- Cobos, F. 2007. La cooperación internacional como estrategia reguladora de cactáceas en peligro de extinción. Volumen 1, Núm. 4. En: www.turevista.uat.edu.mx Consultado 26 de Mayo de 2009.
- Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). 2014. La biodiversidad en Chihuahua, estudio de estado. En <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/Chihuahua> Consultado 12 de Diciembre de 2015
- CONABIO, 2008. Diversidad biológica de tierras áridas y sub-húmedas en México. En: www.conabio.gob.mx Consultado 22 Abril de 2010.
- Estrada, E. y J. Villareal. 2010. Flora del centro del estado de Chihuahua, México. En <http://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n92/n92a4.pdf> Consultado 18 de Abril de 2016.
- Galarza, G. 2005. Análisis y clasificación de las comunidades vegetales de la ecorregión del desierto noreste de Chihuahua, México con datos espectrales, espaciales y variables del terreno. Tesis de Maestría, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih. México.
- Gibson, A. y P. Nobel. 1986. *The cactus primer*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press. Estados Unidos.



- Glass, C. 1998. Guía para la identificación de cactáceas amenazadas de México. Vol 1. CONABIO, México, D.F. Ediciones CANTE.
- Godínez, H., T. Valverde y P. Ortega. 2003. Demographic trends in the cactaceae. *Botanical review*, Vol. 69 No. 2. En <http://www.docfoc.com/demographic-trends-in-the-cactaceae-pdf> Consultado 12 Mayo 2012.
- Godínez, H. y P. Ortega. 2007. Mexican cactus diversity: enviromental correlates and conservation priorities. *J. Soc Bot. Méx.* 08:81-87.
- Gómez, C. y H. Hernández. 2000. Diversity, geographical distribution, and conservation of *cactaceae* in the Mier and Noriega region, Mexico. *J. Bio. Cons.* 9:403-418.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. UNAM/CONABIO, México. En: www.conabio.gob.mx Consultado 01 Junio 2009.
- Hernández, H. y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Act. Bot. Mex.* 26:33-52.
- Hernández, H., C. Gómez y R. Bárcenas. 2001. Diversity, spatial arrangement, and endemism of cactaceae in the Huizache area, a hot-spot in the chihuahua desert. *J. Div. Con.* 10:1097-1112.
- Hernández, J., R. Chávez y E. Sánchez. 2007. Factores de riesgo en las cactáceas amenazadas de una región semiárida en el sur del desierto chihuahuense, México. En: www.scielo.org.ve Consultado 1 Junio 2009.
- Heywood, I., S. Cornelius y S. Carver. 1998. An Introduction to geographical information systems. En: <http://hcl.harvard.edu> Consultado 28 de Mayo 2009.
- INEGI, 2009a. Tipos de vegetación. En: www.inegi.org.mx Consultado 27 de Mayo 2009.
- INEGI, 2009b. Mapa de geología. En: www.inegi.org.mx Consultado 1 de Noviembre 2009.
- Jiménez, C. L. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista digital universitaria*. Volumen 12 No. 1. En <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num1/art04/index.html> Consultado 6 Noviembre 2015.



- Lara, C. 2004. Distribución espacial, clasificación de comunidades de sotol (*Dasyliirion spp*) y predicción del peso de piña en el centro y noroeste del estado de Chihuahua. Tesis de Maestría, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.
- Lebgue, T. 2005. Análisis de las comunidades vegetales de las barrancas del cobre, municipios de Batopilas y Urique, Chihuahua, usando un Sistema de Información Geográfica. Tesis de Doctorado, Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua.
- Lebgue, T. y G. Quintana. 2010. Cactáceas de Chihuahua, tesoro estatal en peligro de extinción. Fondo Mixto-Conacyt, Instituto Chihuahuense de la cultura. Chihuahua, México.
- Lüttge, U. 2002. CO₂-Concentrating: consecuencias in crassulacean acid metabolism J. Exp. Bot. 53:2131-2142.
- Martínez-Ávalos, J. y E. Jurado. 2005. "Geographic distribution and conservation of *cactaceae* from Tamaulipas México", *Biodiversity and Conservation*, 2004. 1-24. En: www.turevista.uat.edu.mx Consultado 27 de Mayo 2009.
- Medina, G., G. Díaz, M. Berzoza, M. Silva, A. Chávez y A. Báez. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chihuahua (Período 1961-2003). Centro de investigación regional norte centro. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP).
- Meza, E., F. Tafoya, R. Linding, J. Sigala y E. Perez. 2014. Distribución actual y potencial de las cactaceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México. En [http://www1.inecol.edu.mx/abm/articulos/Acta%20108%20\(67-80\).pdf](http://www1.inecol.edu.mx/abm/articulos/Acta%20108%20(67-80).pdf) Consultado 20 de Enero 2016
- Morales, E., J. Treviño, R. Garza y R. Rodríguez. 2010. Usos de las cactáceas. Revista Salud Pública y Nutrición. En: www.respyn.uanl.mx Consultado 2 de Noviembre 2010.
- Muñoz, A., G. Palomino, T. Terrazas, A. García y E. Pimienta. 2008. Variación anatómica y morfológica en especies y entre poblaciones de *Opuntia* en la porción sur del desierto chihuahuense. Soc. Bot. Méx. 83:1-11.
- Nobel, S. 1978. Surface temperatures of cacti-influences of environmental and morphological factors. J. Ecology 59:986-995.
- NOM-059-Semarnat-2010. Especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestre y acuática en peligro de extinción, amenazada, rara y sujeta a



protección especial. Norma Oficial Mexicana. En: www.semarnat.gob.mx
Consultado 25 de Febrero 2010.

Ortiz, G. y M. Mandujano. 2010. Patrón de distribución espacial y nodricismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas, México. 55:6-53.

Royo, M. y A. Melgoza. 2005. Las plantas con estatus para el estado de Chihuahua. Instituto de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias, centro de investigación regional del norte centro, Chihuahua, México.

Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Editorial Limusa. México D. F.

SAS Institute Inc. 2002. SAS 9.2 Users guide. Cary, NC. USA

Soto, R., C. Castañeda, L. Garibay y A. Parra. 2000. Manual de educación ambiental para comunidades del desierto Chihuahuense. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México.

Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT). 2008. La cooperación internacional como estrategia reguladora de cactáceas en peligro de extinción: situación de las cactáceas en México. En <http://www.turevista.uat.edu.mx> Consultado 25 Febrero 2010.

Villavicencio G., E., J. López, O. Martínez y G. García. 2006. Distribución digitalizada y características ecológicas del género *Ariocarpus spp.* en Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Saltillo. Publicación especial Núm. 8. Coahuila. México.