

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Caracterización de Cactáceas del Matorral Desértico Chihuahuense en un  
Rango Altitudinal en el Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo,  
Coahuila

Por:

**OCTAVIA SÁNCHEZ ZARATE**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Caracterización de Cactáceas del Matorral Desértico Chihuahuense en un  
Rango Altitudinal en el Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo,

Coahuila

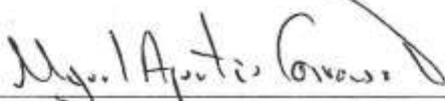
Por:

**OCTAVIA SÁNCHEZ ZARATE**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**



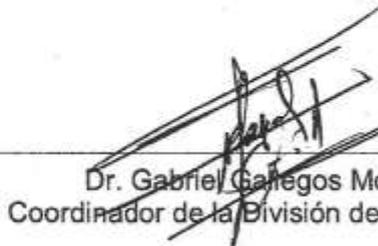
Biol. Miguel Agustín Carranza Pérez  
Asesor Principal



M. C. José Javier Ochoa Espinoza  
Coasesor



Dr. Jesús Valdés Reyna  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Pablo Sánchez y Flavia Zarate por apoyarme en mis decisiones, por sus palabras que me motivan día a día a luchar para lograr mis metas y por sus grandes consejos de mostrar siempre humildad y no subestimar a las personas.

A mis hermanos: Ramiro, Elodia, Ángel y Martín, por el apoyo, pero sobre todo por alientarme a ser una mejor persona para prepararme y lograr ese sueño que en un momento también tuvieron pero que no les fue posible realizar y para aquellas que aún pueden seguir y no rendirse Rosario y Nayeli.

A mis profesores por el conocimiento brindado en el transcurso de mi etapa como estudiante.

A mi “Alma mater” por ser mi hogar durante cinco años.

Al M en C. Javier Ochoa Espinoza por darme ánimos para seguir preparándome profesionalmente.

Al equipo de trabajo del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen por su apoyo brindado en campo para la realización del trabajo de tesis.

A mis asesores por el tiempo dedicado a las revisiones de tesis.

## **DEDICATORIA**

Como símbolo de la confianza que me tuvieron para apoyarme y seguir adelante, por esos ánimos que me brindaron cuando sentía que no podía más, por ser mi motivo de desvelos; dedicado a mi familia, esas personas que nunca me abandonaron y estuvieron ahí cuando más los necesité.

Personas que compartieron parte de mi vida que ya no están conmigo pero sus palabras siempre quedaran en el recuerdo, mis abuelos queridos (†).

Para aquellas personas que se cruzaron en mi camino y que con el tiempo se convirtieron en más que amigos; una pequeña familia, dándonos ánimos para seguir adelante y nunca parar hasta conseguir nuestros sueños.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRAC.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
HIPOTESIS.....	6
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. Clasificación taxonómica de las cactáceas.....	7
2.2. Morfología y fisiología de las cactáceas.....	7
2.3. Origen y distribución de las cactáceas.....	8
2.4. Diversidad de cactáceas en el continente Americano.....	9
2.4.1. Diversidad de cactáceas en México.....	9
2.4.2. Principales géneros de cactáceas del desierto Chihuahuense.....	10
2.4.3. Diversidad de cactáceas en Áreas Nacionales Protegidas del desierto Chihuahuense.....	12
2.5. Estatus de riesgo.....	14
2.6. Mecanismos de protección para la recuperación de cactáceas.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Localización y descripción del área de estudio.....	17
3.2. Ubicación geográfica.....	18
3.2.1. Elevaciones.....	19
3.2.2. Fisiografía.....	19
3.2.3. Geología.....	20
3.2.4. Clima.....	20
3.2.5. Hidrología.....	21
3.2.6. Edafología.....	21
3.2.7. Vegetación.....	22
3.3. Metodología.....	22
3.4. Diseño de muestreo.....	24
3.5. Descripción del hábitat-tipo.....	25
3.6. Identificación de especies.....	25
3.7. Análisis de la información.....	26
3.7.1. Caracterización general.....	26
3.7.2. Estimación de variables ecológicas.....	26
3.7.2.1. Índice de valor de importancia modificado.....	26
3.7.2.2. Similitud.....	28
3.7.3. Relación del gradiente altitudinal con las cactáceas.....	29
3.7.3.1. Correlación de la riqueza de las especies con el	

gradiente altitudinal.....	29
3.7.4. Distribución por especies.....	29
4. RESULTADOS.....	30
4.1. Caracterización general.....	30
4.2. Variables ecológicas.....	35
4.2.1. Índice de valor de importancia.....	35
4.2.2. Similitud de especies entre gradientes de altitud.....	36
4.3. Correlación de riqueza de especies y gradiente altitudinal.....	37
4.4. Abundancia y distribución de especies.....	38
4.4.1. Abundancia de especies .....	38
4.4.2. Distribución específica de especies.....	41
5. DISCUSIÓN.....	52
6. CONCLUSIONES.....	56
7. LITERATURA CITADA.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Dimensiones del Desierto chihuahuense en México.....	11
2. Ubicación geográfica del Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, en el municipio de Ocampo, Coahuila, México.....	18
3. Mapa de la ubicación de los sitios de muestreo en el área de estudio dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo.....	23
4. Diseño del transecto para los muestreos en el área de estudio.....	24
5. Porcentaje de los sitios ecológicos que se presentaron en los sitio de muestreo.....	30
6. Porcentaje de la estructura del suelo en los sitios de muestreo.....	31
7. Porcentaje de las especies vegetales dominantes en los sitios de muestreo.....	32
8. Riqueza de especies por sitios de muestreo.....	34
9. Abundancia de especies en primer rango altitudinal (550-600 msnm).....	38
10. Abundancia de especies en el segundo rango altitudinal (601-700 msnm).....	39
11. Abundancia de especies en el segundo rango altitudinal (701-800 msnm).....	40
12. Abundancia de especies en el cuarto rango altitudinal (801- 900 msnm).....	40
13. Distribución de <i>Ariocarpus fissuratus</i> .....	42
14. Distribución de <i>Corynopuntia bulbispina</i> .....	42
15. Distribución de <i>Coryphantha albicolumnaria</i> .....	43
16. Distribución de <i>Coryphantha echinus</i> .....	43
17. Distribución de <i>Coryphantha macromeris</i> .....	44
18. Distribución de <i>Coryphantha ramillosa</i> .....	44
19. Distribución de <i>Coryphantha rubustispina</i> .....	45
20. Distribución de <i>Echinocactus horizonthalonius</i> .....	45
21. Distribución de <i>Echinocereus dasyacanthus</i> .....	46
22. Distribución de <i>Echinocereus enneacanthus</i> .....	46
23. Distribución de <i>Echinocereus pectinatus</i> .....	47
24. Distribución de <i>Echinocereus perbellus</i> .....	47
25. Distribución de <i>Echinocereus stramineus</i> .....	48
26. Distribución de <i>Epithelantha bokei</i> .....	48
27. Distribución de <i>Escobaria dasyacantha</i> .....	49
28. Distribución de <i>Escobaria laredoi</i> .....	49
29. Distribución de <i>Escobaria tuberculosa</i> .....	50
30. Distribución de <i>Ferocactus hamatacanthus</i> .....	50
31. Distribución de <i>Glandulicactus uncinatus</i> .....	51
32. Distribución de <i>Thelocactus bicolor</i> .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Listado de cactáceas de las Áreas Naturales Protegidas que abarcan el Desierto Chihuahuense y que se encuentran en alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	13
2. Número de sitios de muestreo en el área de estudio.....	23
3. Listado del registro de las especies de cactáceas en el Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, Coahuila.....	33
4. Estimación de variables ecológicas: Abundancia, frecuencia e Índice de valor de importancia.....	35
5. Índice de similitud cuantitativo y cualitativo entre los cuatro gradientes de altitud.....	37
6. Coeficiente de correlación de la riqueza de especies y el gradiente de altitud.....	38

## RESUMEN

México es el país que ocupa el primer lugar en endemismo de cactáceas, pero el desconocimiento de las mismas y las actividades antropogénicas han ocasionado que algunas especies se encuentren en peligro de extinción. Durante la primavera y verano del 2016 se realizaron evaluaciones de campo en 52 sitios de muestreo dentro de cuatro gradientes altitudinales que fluctuaron de los 550 a los 900 m; en cada sitio se estableció un transecto de 8 x 250 m equivalente a 2000 metros cuadrados, se registraron datos específicos como ubicación, sitio ecológico, asociación vegetal, características del suelo, riqueza, densidad y frecuencia de especies de cactáceas. Se registraron un total de 25 especies, donde *Echinocactus horzonthalonius*, *Corynopuntia bulbispina*, *Echinocereus stramineus* y *Ferocactus hamatacanthus* fueron las de mayor frecuencia. Siguiendo la lista de cactáceas del programa de manejo del Área Protegida se han adherido ocho nuevos registros, los cuales se encuentran asociados al matorral desértico, pero en algunos sitios ecológicos como arenales no existió presencia de cactáceas; además se registraron especies como *Epithelantha bokei*, *Glandulicactus uncinatus*, *Thelocactus bicolor* y *Ferocactus hamatacanthus* que se encuentran enlistadas con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010; el conocimiento de la distribución, diversidad y riqueza de las cactáceas permite tomar decisiones de manejo como en los casos de opiniones técnicas para el cambio de uso de suelo o actividades extractivas como la minería, dando prioridad a especies altamente sensibles y endémicas.

**Palabras clave:** Cactáceas, Diversidad, Especies en riesgo.

## ABSTRACT

Mexico has the first place in endemic cactuses around the world, but the ignorance about their ecological value, and the human activities have caused that some species become endangered or at risk of extinction. During spring and summer 2016 field assessments were made in 52 sampled sites, between four gradients of elevation, from 550 to 900 m; in each sampling site was established one transect 8 x 250 meters equivalent to 2000 square meters. Specific data like location, ecological site, plant association, soil features, richness, density, and frequency of cactuses species were registered. 25 species were documented, being *Echinocactus horizonthalonius*, *Corynopuntia bulbispina*, *Echinocereus stramineus*, and *Ferocactus hamatacanthus* the more frequent. Following the Protected Area plant list eighth new records were added, such cacti are associated with desert scrub, however in some ecological sites as sand dunes there were not present; furthermore reported several species like *Epithelantha bokei*, *Glandulicactus uncinatus*, *Thelocactus bicolor*, and *F. hamatacanthus* which are listed under some risk category in the NOM-059-SEMARNAT-2010. The knowledge about cactuses distribution, diversity, and richness allow us to take better management decisions such as technical opinions for land change use, or extractive activities like mining, given priority to high sensitive, and endemic species.

Key words: cactuses, diversity, endangered species.

## 1. INTRODUCCIÓN

México posee la flora más variada de América, ya que su territorio se ubica entre la zona templada del norte y la zona tropical, además por la variedad de sus climas y suelos causados por la topografía (Miranda y Hernández, 1963). Dentro de las especies más variadas se encuentran las cactáceas, con alrededor de 913 taxones entre estos 669 especies y 244 subespecies agrupados en 63 géneros (Guzmán *et al.*, 2003).

De los desiertos presentes en México, el desierto Chihuahuense es el más grande y es caracterizado por su variedad de endemismos ya que alberga la mayor parte de la riqueza de cactáceas en el mundo, están presentes alrededor de 329 especies, más cinco híbridos distribuidos en 39 géneros (Barcenas, 2006), siendo los géneros más representativos *Mammillaria*, *Opuntia*, *Coryphantha* y *Echinocereus*.

La distribución de las cactáceas se refleja en la heterogeneidad del ambiente y los requerimientos fisiológicos de cada especie (Godínez *et al.*, 2003). Se encuentran en hábitats variados, aunque en regiones desérticas son muy abundantes y diversas, existen pocas especies epífitas en las selvas tropicales donde la humedad es muy alta (Loaiza *et al.*, 2009). Es por ello que son consideradas como un grupo de plantas de importancia por su endemismo y con una gran capacidad de adaptación a las zonas áridas (Lebgue *et al.*, 2011).

La mayor parte de estas especies habitan en las regiones áridas y semiáridas del país, particularmente en la porción sureste del desierto

Chihuahuense, incluyendo la zona árida Queretano-Hidalguense (Hernández y Godínez, 1994). De acuerdo a Taloneó *et al* (2014) a nivel estatal las entidades con mayor número de especies son San Luis Potosí que alberga en su territorio un total de 151 especies, seguido de los estados de Coahuila (126 especies), Nuevo León y Oaxaca (118 especies cada uno). En otra región como el valle de Tehuacán-Cuicatlán se pueden encontrar un total de 76 especies de cactáceas de las cuales 18 especies son endémicas del lugar (Taloneó *et al.*, 2014).

Su distribución en zonas áridas se debe a que estas especies han desarrollado adaptaciones para evadir y tolerar la sequía (Granados *et al.*, 1998); con el fin de evitar la pérdida de agua y sobrevivir largos periodos de sequía, estas plantas realizan la apertura de estomas durante la noche (Cebreroz *et al.*, 2012).

Aun con las características que las cactáceas tienen para poder sobrevivir en su ambiente natural han estado en constantes riesgos por causas antropogénicas, es decir, que son causadas por el ser humano como la destrucción de su hábitat por el cambio de uso de suelo, extracción ilegal para venta de ornato, aunado a esto el desconocimiento de estas plantas es otro factor que afecta ya que algunos seres humanos no tienen conocimiento sobre la importancia y la diversidad de los cactus.

La NOM-059-SEMARNAT 2010 incluye un listado de las especies de cactáceas y las clasifica de la siguiente manera: raras, amenazadas, en riesgo o en peligro de extinción, es por ello que se han creado mecanismos

de manejo para su conservación y poder mantener esta riqueza de especies en nuestro país, que además es representativo de algunas regiones.

## JUSTIFICACIÓN

Las cactáceas son plantas suculentas que se han adaptado a condiciones áridas o semiáridas principalmente por su metabolismo (CAM) que le ayuda a reducir la pérdida de agua por transpiración, además están caracterizadas por no presentar hojas (Andrade *et al.*, 2007).

Sin embargo las poblaciones naturales de muchas de las especies de cactáceas han sido afectadas por las presiones del desarrollo humano, la modificación de su hábitat para usos agrícolas y/o pecuarios y la extracción de las plantas de su ambiente natural para su venta como plantas de ornato en mercados nacionales e internacionales, aunado a las problemáticas anteriores el desconocimiento sobre la importancia de las especies es otro factor que afecta su diversidad, por tal motivo la conservación de estas plantas implica la protección de su hábitat como ambiente natural fundamental que puede evitar el riesgo de su extinción.

El estudio de la distribución de las cactáceas en el Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo (APFF Ocampo) es de interés ya que se puede determinar la diversidad de estas dentro del área, además saber si están dentro de algún estatus de riesgo, y así mismo dar sugerencias de manejo para su conservación.

## **OBJETIVO GENERAL**

Generar conocimientos de las especies de cactáceas que se distribuyen en matorral micrófilo y rosetófilo del Desierto Chihuahuense en un rango altitudinal, en el Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, Coahuila.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- A) Realizar una caracterización general de las principales cactáceas presentes en el APFF Ocampo para determinar su distribución y afinidad por sitios ecológicos.
- B) Estimar variables ecológicas complementarias que permitan describir mejor a las poblaciones y especies identificadas (índices de diversidad, similitud y valor de importancia).
- C) Detectar si el gradiente altitudinal tiene relación con la distribución y las variables de las cactáceas identificadas.

## **HIPÓTESIS**

### Hipótesis 1

H1. Los hábitats tipo de las cactáceas dentro del gradiente altitudinal de los 550 a los 900 msnm en el APFF Ocampo, son en promedio similares en más del 50% en relación al número de especies.

### Hipótesis 2.

H1. El gradiente altitudinal influye en la distribución y abundancia de las especies de cactáceas estudiadas.

H0. El gradiente altitudinal no influye en la distribución y abundancia de las especies de cactáceas estudiadas.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Clasificación taxonómica de las cactáceas

La palabra cactácea deriva del griego, “káctos”, utilizado para nombrar una especie de cardo espinoso, posiblemente el cardo *Cynara cardunculus* (Asteraceae) y usado como nombre genérico cactus por Carlos Linneo en 1753, para agrupar plantas que hoy se consideran dentro de géneros diversos de la familia Cactaceae (Hunt, 2006; Nobel, 1998).

Las cactáceas son plantas dicotiledóneas que pertenecen al reino plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Caryophyllales, familia Cactaceae, subfamilia Cactoidea, tribu Cactaea, y el nombre científico se les asigna de acuerdo al género y a la especie (Guzmán *et al.*, 2007).

### 2.2 Morfología y fisiología de las cactáceas

Las cactáceas suelen ser confundidas con otras suculentas, pero la familia de los cactus son plantas que no tienen hojas, son de vida larga, tallos carnosos de diferentes formas y tamaños en los que están cubiertos de espinas o diminutas espinas con apariencia de pubescencia (Anderson, 2001). Además poseen flores delicadas de brillantes colores, vistosas y efímeras y frutos jugosos (Becerra, 2000); la morfología de las cactáceas varía de acuerdo a cada especie (Vázquez *et al.*, 2012).

Las cactáceas que se desarrollan en ambientes áridos o semiáridos han desarrollado numerosas adaptaciones a estas condiciones, como la reducción de las hojas a espinas, epidermis gruesa, ensanchamiento de los

tallos y raíces para el almacenamiento de agua. Además tienen un metabolismo fotosintético tipo CAM (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas) que les ayuda a evitar la pérdida de agua por transpiración (Sánchez *et al.*, 2010).

El metabolismo fotosintético tipo CAM es conocido así porque el intercambio gaseoso de CO<sup>2</sup> y oxígeno, ocurre por la noche cuando los estomas de las plantas se abren almacenando el CO<sup>2</sup> en forma de ácido málico, y durante el día al realizar la fotosíntesis con presencia de luz este ácido málico se descarboxila para producir otra vez CO<sup>2</sup>. Es por ello que estas plantas pueden crecer en sitios donde el agua es infrecuente (Andrade *et al.*, 2007).

### **2.3 Origen y distribución de las cactáceas**

La familia Cactaceae, originaria del Continente Americano, agrupa alrededor de 2,000 especies, las cuales han logrado adaptarse a los climas desérticos (Jiménez, 2011), se distribuyen desde Canadá hasta Argentina y Chile. Se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3,641 msnm en Norteamérica y 5,100 msnm en Perú y Sudamérica, su límite latitudinal es de 59 grados en Alberta, Canadá y 50 grados latitud sur en Tierra de Fuego, Argentina (Rivas, 1996).

Las cactáceas habitan en lugares áridos y semiárido del continente americano; sin embargo, también se encuentran en zonas tropicales húmedas. En las regiones desérticas, semidesérticas, a veces en bosques secos, chaparrales o matorrales espinosos de América del Norte y de

Centroamérica se encuentran la mayor variedad de cactus, los cuales llegan a dominar las asociaciones vegetales y determinar el paisaje (Ríha y Subik, 1991; Robbins, 2003).

## **2.4 Diversidad de cactáceas en el continente Americano**

Loaiza *et al* (2009) mencionan que en el Ecuador continental se encuentran 43 especies de cactus, pertenecientes a 16 géneros; entre los más diversos sobresalen: *Armatocereus*, *Cleistocactus*, *Opuntia* y *Rhipsalis*, además 14 especies de cactáceas presentes en el Ecuador también se encuentran en el noroccidente del Perú.

En Argentina existen alrededor de 36 géneros y aproximadamente 300 especies, con mayor distribución en el dominio Chaqueño: provincias fitogeográficas del Chaco, del Espinal, de la Prepuna y del Monte (Kiesling, 1975).

### **2.4.1 Diversidad de cactáceas en México**

En México existen alrededor de 913 taxones entre estas 669 especies y 244 subespecies, agrupados en 63 géneros, es por ello que es considerado el país con mayor riqueza de estas plantas (Jiménez, 2011).

En un estudio realizado por Godínez y Ortega (2007) sobre la diversidad de cactus en México determinaron que en los estados de San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León, Oaxaca y Zacatecas, albergan más de 100 especies de cactus, donde la aridez es el factor ambiental que favorece la presencia de cactáceas.

En el corredor biológico Monterrey-Salttillo representa una de las áreas más importantes en la distribución de cactáceas y de la flora silvestre, debido a que es una zona que une elementos florísticos del Altiplano Mexicano con la planicie Costera Nacional donde están presentes los géneros: *Echinocereus* , *Ferocactus* , y *Mammillaria* , así como individuos de *Lophophora williamsii* y *Epithelantha micromeris*, las cuales están catalogadas como amenazadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Ledezma *et al.*, 2001).

Sin embargo, Luna y colaboradores (2012) mencionan que en el estado de Querétaro se tienen registradas alrededor de 119 especies de cactáceas, algunas endémicas como *Mammillaria mathildae*, pero ciertas actividades como el saqueo de cactus para venta y el cambio de uso de suelo han contribuido a disminuir las poblaciones de estas plantas (Luna *et al.*, 2012).

#### **2.4.2 Principales géneros de cactáceas del desierto Chihuahuense**

El desierto Chihuahuense se localiza en la altiplanicie mexicana entre las Sierras Madre Oriental y Madre Occidental. Aproximadamente el 80% del desierto Chihuahuense se extiende dentro de México por los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, mientras que el otro 20% se expande hacia el oeste de Texas, el sur de Nuevo México y sureste de Arizona (Robbins, 2003 y WWF, 2012).



**Figura 1. Dimensiones del Desierto chihuahuense en México.**  
(Fuente: Granados *et al.*, 2012)

Esta ecorregión cubre una superficie de 507,000 km<sup>2</sup>, las asociaciones vegetales presentes en esta área son matorral micrófilo de *Larrea tridentata*, matorral rosetófilo de *Agave lechuguilla* y matorral rosetófilo de *Dasyllirion* sp, además se encuentran los pastizales, vegetación halófila, izotal, chaparral y vegetaciones de dunas (Granados *et al.*, 2011).

El desierto Chihuahuense es el más grande de Norteamérica y el segundo con mayor diversidad en el mundo, ya que en él se han encontrado

alrededor de 329 especies de cactáceas (Barcenas, 2006) y que representa el 60% de las especies mexicanas y más del 20% en todo el continente (Koleff y Urquiza, 2011), 333 especies de aves, 23 especies de peces y 76 especies de reptiles y anfibios aproximadamente (WWF, 2005).

Los géneros de cactus que más abundan en el desierto Chihuahuense son las biznagas como *Ferocactus* y *Echinocactus*, cactus pequeños de *Ariocarpus*, *Astrophitum*, *Coryphantha* y *Mammillaria*, especies que solamente se presentan en algunas regiones como *Lophophora williamsii* y *L. diffusa*, otras que son más visibles como *Opuntia* y *Cylindropuntia* (Jiménez, 2011).

#### **2.4.3. Diversidad de cactáceas en Áreas Ntrales Protegidas del desierto Chihuahuense**

Dentro del desierto Chihuahuense se encuentran algunas áreas naturales protegidas, las cuales cuentan con un programa de manejo y en estos incluyen el listado de especies de cactáceas y en qué categoría se encuentran.

Se revisaron los programas de seis área naturales protegidas (tabla 1) y se identificaron las especies de cactus que se enlistan en la NOM-026-SEMARNAT-2010 con cierto estatus de riesgo. El Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas y el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena presentan mayor número de cactáceas con once y diez especies respectivamente con estatus de amenazadas (A), en peligro de extinción (P) y sujeta a protección especial (Pr). Además especies como

*Ariocarpus retusus*, *Coryphantha werdermannii*, *Echinocactus platyacanthus*, *Thelocactus bicolor*, entre otras, su presencia en las demás áreas naturales protegidas no son comunes (SEMARNAT 1999, 2013 a, b, c y 2015 a, b).

**Tabla 1. Listado de cactáceas de las Áreas Naturales Protegidas que abarcan el Desierto Chihuahuense y que se encuentran en alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010.**

Especies representativas de cada ANP	Estatus	APF FCC	APFF CSE	APFF SM	APFF MC	APF F O	AP FF MS
<i>Ariocarpus fissuratus</i>	A	x	x				
<i>Ariocarpus fissuratus bravoanus</i>	P					x	
<i>Ariocarpus fissuratus hintonii</i>	P					x	
<i>Ariocarpus retusus</i>	Pr			x			
<i>Astrophytum capricorne</i>	A	x					
<i>Coryphantha poselgeriana</i>	A	x					
<i>Coryphantha pseudoechinus</i>	Pr, R	x				x	
<i>Coryphantha ramillosa</i>	A	x	x				
<i>Coryphantha werdermannii</i>	P	x					
<i>Echinocactus parryi</i>	A						x
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Pr			x			
<i>Echinocereus reichenbachii</i>	A		x				
<i>Echinomastus mariposensis</i>	A	x	x				
<i>Echinomastus warnockii</i>	A		x				
<i>Epithelantha bokei</i>	A	x	x			x	
<i>Epithelantha micromeris</i>	Pr	x	x		x		
<i>Ferocactus hamatacanthus</i>	Pr		x		x		
<i>Ferocactus pilosus</i>	Pr			x			
<i>Lophophora williamsii</i>	Pr	x	x	x	x		
<i>Opuntia anteojeensis</i>	R	x					
<i>Opuntia polyacantha var. arenaria</i>	P						x
<i>Thelocactus bicolor</i>	A		x				

**APFF CC: Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, RBM: Reserva de la Biosfera Mapimí, APFF CSE: Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena, APFF SM: Área de protección de Flora y Fauna Sierra la Mojonera, APFF MC: Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, APFF O: Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, APFF MS: Área de Protección de Flora y Fauna Medanos de Samalayuca. Estatus de las especies representativas de**

**las ANP: A: amenazada, P: en peligro de extinción y Pr: sujeta a protección especial.**

## **2.5 Estatus de riesgo**

De acuerdo con Hernández *et al.* (2007) se reconoce una problemática para la supervivencia de estos taxones, debido principalmente a las actividades antropogénicas y la extracción ilegal; la modificación y pérdida de su hábitat deben ser considerados factores de alto impacto para la supervivencia y vulnerabilidad de las especies amenazadas.

Las principales actividades que amenazan a las cactáceas son la agricultura, ganadería, la expansión de ciudades y otras obras de gran magnitud como las carreteras; viéndose afectado principalmente su hábitat (Kiesling, 2009), además de la extracción ilegal con fines diversos que van desde la colecta científicas fuera de reglamentación, coleccionistas, venta, entre otras.

La Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) enlista 255 taxones de cactáceas, el Libro Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) incluye 65 y la Convención sobre Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES) enlista 41 taxones en su apéndice I, y el resto de las cactáceas están consideradas dentro del apéndice II (Jiménez, 2011).

De las especies de cactáceas mexicanas se estima que más del 35% están clasificadas en diversos grados de riesgo como amenazadas, en protección especial o en peligro de extinción. De acuerdo con estudios

realizados por Villavicencio *et al.*, (2011), el mayor número de cactáceas con algún grado de amenaza de extinción se encuentra en la porción sureste del desierto Chihuahuense, en los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Tamaulipas y Nuevo León.

## **2.6 Mecanismos de protección para la recuperación de cactáceas**

Para proteger las especies de cactáceas en riesgo de extinción ha requerido de la participación tanto del sector privado, científico y del gubernamental con la finalidad de regular el uso de especies que pueden tener un valor ornamental, comercial, forestal, medicinal, entre otros; en México las especies con algún problema para su conservación se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y en las listas internacionales las especies se reportan en dos fuentes principales: la lista del libro rojo de la UICN y la lista de especies amenazadas por comercio de la CITES (Salvador *et al.*, 2005).

Las cactáceas son plantas en su mayoría adaptadas para desarrollarse en condiciones naturales, pero aun así es posible su reproducción bajo condiciones similares a su ambiente natural como son principalmente el suelo y clima, controlando la temperatura, luz y humedad (Arredondo, 2002).

El convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) bajo un sistema coordinado con expertos describen las restricciones y requisitos para el comercio legal de cierta especies (Benítez y Dávila, 2002).

Entre las alternativas para la conservación de cactus fuera de su hábitat se encuentran los jardines botánicos, en estos se pueden mantener colecciones de plantas vivas para estudios y conservación (Gold *et al.*, 2004). Otra estrategia para poder reproducir cactus es mediante métodos de propagación por semillas, por brotes y esquejes (Arredondo, 2002), con lo cual se pretende reducir la extracción de las poblaciones silvestres, con fines ornamentales y alimenticios (Oviedo, 2003).

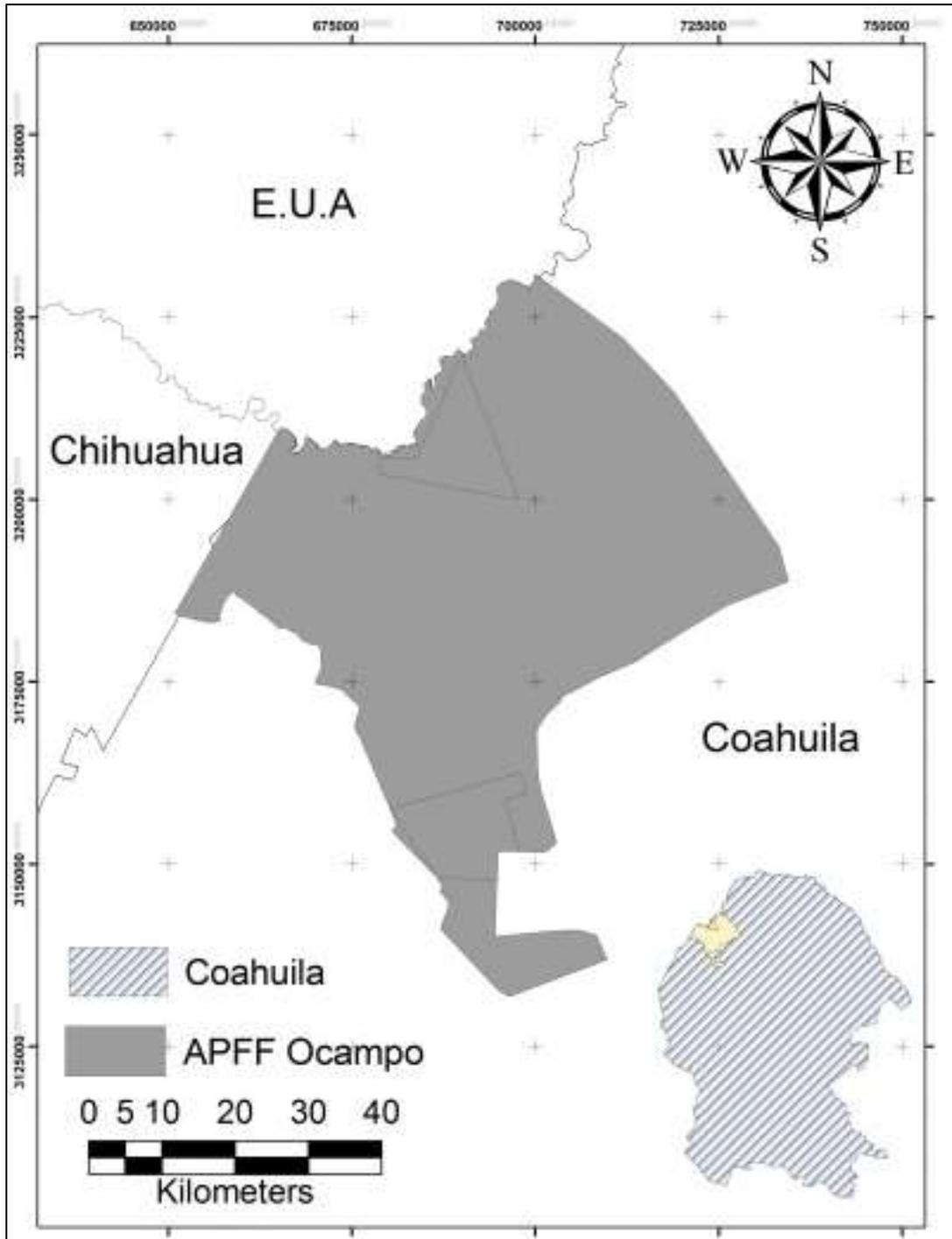
### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

Los siguientes temas sobre elevación, fisiografía, geología e hidrología se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2016).

#### **3.1 Localización y descripción del área de estudio.**

El Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo (APFF Ocampo), se localiza en el municipio de Ocampo, en el extremo noroeste del estado de Coahuila. Al norte y noroeste colinda con el Monumento Natural Río Bravo, al sur colinda con la carretera Melchor Muzquiz-La Cuesta, al este colinda con el Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen y al oeste con el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena.

### 3.2 Ubicación geográfica



**Fig. 2.** Ubicación geográfica del Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, en el municipio de Ocampo, Coahuila, México. (Fuente: creación propia).

El APFF Ocampo se ubica entre los paralelos 28°17'16.39" N y 29°12'12.25" N, y los meridianos 102°36'9.10" O 103°28'35.75" O. Se extiende en una superficie de 344 238.23 hectáreas. Dentro del polígono se encuentran los ejidos y/o comunidades: San Miguel, Ojo Caliente, San Vicente y Zacatonal, La Unión y el Olán, Jaboncillos Grande, Jaboncillos chico, Norias de Boquillas, Boquillas del Carmen, Piedritas, Álamos de Márquez, Nueva Esperanza y La Salada.

### **3.2.1 Elevaciones**

El rango altitudinal del APFF Ocampo se encuentra entre los 500 y los 2,100 metros sobre el nivel del mar (msnm), siendo los puntos de mayor altitud la Sierra del Pino 2,100 msnm y la de San Vicente 1,700 msnm, enseguida por la Sierra de la Harina 1,600 msnm, el Cerro del Centinela y la Sierra de la Cuchilla 1,500 msnm, mientras que las altitudes bajas llegan cerca de 500 msnm cercano al río Bravo (INEGI, 2016).

### **3.2.2 Fisiografía**

Dentro del APFF Ocampo se encuentran elevaciones bajas, montañas en bloque formando valles amplios, llanuras y valles de tipo lacustre, es decir, depósitos de lagos. Presencian también las laderas moderadas, sierras, cañones y valles aluviales que se forman por la escorrentía de las lluvias (INEGI, 2016).

### **3.2.3 Geología**

El APFF Ocampo se encuentra en la región conocida como sierras y llanuras del norte de Coahuila, las cuales están constituidas por rocas del tipo sedimentario marino y continental, con edades geológicas que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, se encuentra dominada por un tipo de formación conocida como rampa erosiva (INEGI, 2016).

### **3.2.4 Clima**

Los tipos de clima presentes en el APFF Ocampo son tres: el primero es el BSohw es de los tipos de clima seco-semicálido con lluvias en verano se reporta para una pequeña parte del Área Natural Protegida (ANP), en el pie de monte de la Sierra el Pino. El segundo tipo es el BSokw: clima seco con verano cálido, con lluvias en verano, siendo esta unidad característica de zonas áridas. También está presente el clima muy seco con invierno fresco BWh(x'), localizados en los valles y las zonas con pendientes suaves (Peel *et al.*, 2007)

De acuerdo con la información del mapa de estaciones meteorológicas automatizada (EMA) para el municipio de Ocampo, la temperatura media anual es de 20.9° C, la temperatura mínima promedio es de 12.6° C y la máxima promedio anual se registra en los 29.3° C, con temperaturas máximas y mínimas extremas, del orden de los 41.1° C, mientras que las mínimas se reportan para los meses de diciembre y enero y fluctúan entre los 1.8 y -4 °C, respectivamente. Las lluvias van de irregulares a escasas en algunos meses siendo julio el mes más lluvioso con 41.3 milímetros (mm), y

marzo el más seco con 4.8 mm. La precipitación promedio anual es de 244.2 mm (Sistema Meteorológico Nacional, 2016).

### **3.2.5 Hidrología**

El APFF Ocampo se abastece por la Región Hidrológica 24 (RH 24) que abarca los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Tamaulipas. En la RH 24 se encuentra la cuenca hidrológica Río Bravo-Ojinaga y la RH VI Río Bravo dentro de la subcuenca del Río San Antonio. Por la presencia de serranías y valles dentro en el ANP el agua puede captarse en los mantos acuíferos, es por ello que a nivel local se pueden observar norias o efluentes de agua. Otra fuente que abastece al ANP es el Río Bravo, este se ubica en la parte norte del área. Dentro del APFF Ocampo no se encuentran ríos permanentes, solamente escorrentías y arroyos temporales (INEGI, 2016).

### **3.2.6 Edafología**

El APFF Ocampo presenta seis unidades de suelo; predominan calcisol y leptosol que cubren el 94.04% de la superficie, las demás clases son: fluvisol, vertisol, fozem y regosol. Los suelos de clase calcisol se distinguen por ser poco profundos (menores de 10 cm), esta unidad es característica de lomeríos, llanos, y las partes altas de las sierras, presente en la mayor parte del APFF Ocampo. La clase leptosol es la segunda más frecuente en la superficie del área, se caracteriza por su escasa profundidad (menor de 25 centímetros). El suelo de la clase fluvisol se caracteriza por estar formado de materiales acarreados por agua, suelos medianamente

profundos, presentan generalmente estructura débil o suelta. Las otras clases de suelo es restringido dentro del área pero son importantes por su presencia de materia orgánica y nutrientes como foehem, los de clase vertizol son caracterizado por sus grietas anchas y profundas que presenta durante la sequía, ocasionalmente salinos pero de uso agrícola extenso y los de clase regosol se distribuye en los valles del área su fertilidad es variable y su uso agrícola está condicionado principalmente a su profundidad y a la pedregosidad que presente (SEMARNAT, 2015<sup>a</sup>).

### **3.2.7 Vegetación**

De acuerdo a la clasificación de Encina (2015), el estado de Coahuila cuenta con seis tipos de vegetación y doce comunidades; siendo el matorral desértico chihuahuense el que abarca una superficie del 48% en el estado. En el APFF Ocampo se presentan tres tipos de vegetación (matorral desértico chihuahuense, zacatonal o pastizal y vegetación riparia) y dos comunidades (matorral desértico micrófilo y rosetófilo); siendo la vegetación dominante el matorral desértico chihuahuense que abarca el 96.5% de la superficie del área, además se pueden observar lugares sin vegetación los cuales han sido modificados por factores naturales que pueden ser eólicos, pluviales y de tipo antropogénico, causados por el sobrepastoreo en el área y la extracción de materiales (Rzedowski, 2006).

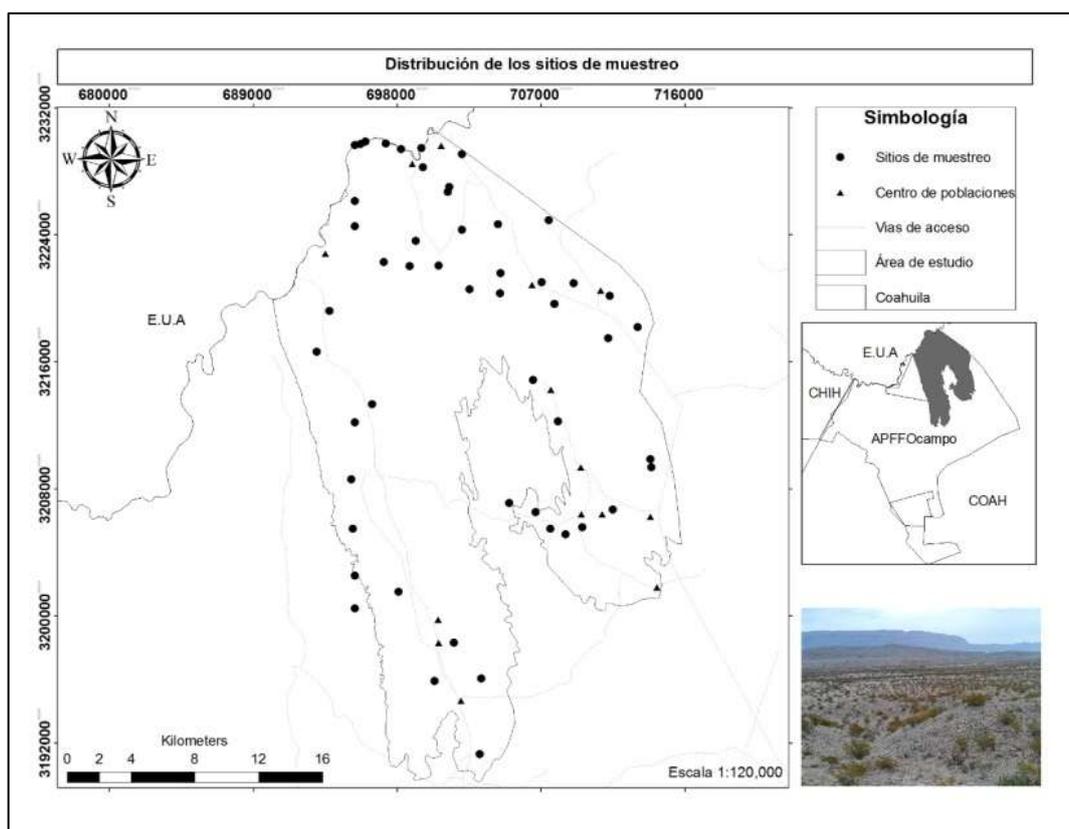
### **3.3 Metodología**

Para la realización de este estudio se definieron cuatro gradientes de altitud mediante las curvas de nivel a cada 100 metros. Se utilizó el polígono del

ANP y el Sistema de Información Geográfica por medio del programa software-ArcGIS y ArcMap versión 9.3. Mediante las curvas de nivel se determinaron cuatro rangos de altitud de los 550-900 metros sobre el nivel del mar (msnm) y proporcionalmente a la superficie delimitada se estimó la cantidad de sitios de muestreo.

**Tabla 2. Número de sitios muestreados en el área de estudio.**

Gradiente (msnm)	Nº de sitios
550-600	9
601-700	13
701-800	12
801-900	18
Total	52



**Figura 3. Mapa de la ubicación de los sitios de muestreo en el área de estudio dentro del APFF Ocampo. (Fuente: Creación propia)**

La ubicación de los sitios de muestreo se determinó tomando como accesibilidad los caminos dentro de los rangos altitudinales establecidos.

Se obtuvo la coordenada en el sistema Universal Transecto de Mercator (UTM) con relación al Datum WGS84, los sitios se predefinieron con el apoyo del software Google earth.

Para la realización de muestreos en cada sitio se apoyó de un técnico y se utilizó un formato (anexo 1) para el registro de información. La información básica del formato consistió en: coordenadas, altitud, sitio ecológico, tipo de suelo, asociación vegetal, estado fenológico en el que se encontraron las especies de cactáceas es decir si estaba en rebrote, latencia, en floración, con fruto, decadente o muerto.

### 3.4 Diseño de muestreo

El muestreo en cada sitio se realizó mediante el establecimiento de un transecto de 8 m x 250 m equivalente a 2,000 m<sup>2</sup>, el cual iniciaba en el sitio de localización de la coordenada precargada y se prolongaba desde ese punto hacia el punto más elevado inmediato. En el recorrido participaron dos personas espaciadas a cada 2 m cada una, abarcando los 8 m de ancho del transecto.



**Figura. 4** Diseño del transecto para los muestreos en el área de estudio. (IT) inicio del transecto, (FT) fin del transecto, (P1) persona o técnico uno, (P2) persona o técnico dos.

Para la descripción de la riqueza de especies, los géneros *Opuntia* se incorporaron a los listados de cada sitio, sin embargo, no se cuantificó su abundancia ya que el enfoque del estudio fue hacia especies de crecimiento cespitosos o simples.

### **3.5 Descripción del hábitat-tipo**

En este estudio el factor topográfico fue el principal criterio de descripción para definir los sitios ecológicos. Un sitio ecológico es similar a un paisaje, conformado por una extensión de terreno, en el cual interactúan factores ambientales de geología, clima, suelo, relieve, para regular la distribución de las comunidades vegetales o asociaciones vegetal (Caudle *et al.*, 2013). Ejemplos de sitios ecológicos son las laderas, lomeríos, valles, arenales, montañas y cañones.

En cada sitio de muestreo se describió la asociación vegetal dominante del ecosistema, tomando en cuenta las tres especies vegetales que dominaban el paisaje y el tipo de suelo el cual se diferenció por color y grado de pedregosidad.

### **3.6 Identificación de especies**

Para la identificación de las especies de cactáceas se utilizó una guía de cactáceas del estado de Coahuila (Flores y Zarate, s.f.), una guía técnica para la identificación de Cactáceas del APFF Maderas del Carmen, un libro de “Cactuses of Big Bend National Park” (Douglas, 1998) y un manual de las claves taxonómicas de cactáceas. Se tomaron fotografías, se consultó a expertos y un sitio web: Naturalista (<http://www.naturalista.mx/>) el cual es

una colaboración de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en este sitio puedes subir fotografías de las observaciones que hacen otras personas y además personas expertas pueden ayudarte a identificar alguna especie desconocida.

### **3.7 Análisis de la información**

#### **3.7.1 Caracterización general**

Para determinar la distribución y afinidad de sitios ecológicos de las cactáceas se analizó la información de sitios ecológicos, tipo de suelo, asociación vegetal que se registraron en los muestreos.

Para los sitios ecológicos y tipo de suelo se obtuvo un promedio de los 52 sitios de muestreo y se representaron los valores de mayor porcentaje. En el caso de la asociación vegetal se realizó el promedio de las tres especies dominantes de cada sitio de muestreo y se representó las especies de mayor porcentaje.

#### **3.7.2 Estimación de variables ecológicas**

##### **3.7.2.1. Índice de valor de importancia modificado**

Para la evaluación del Índice de Valor de Importancia (IVI) se requieren tres variables: Frecuencia relativa, densidad relativa y cobertura relativa; pero cuando no es posible el cálculo de algunas de las tres variables es aceptable hacer una modificación al IVI (Mostacedo y Fredericksen, 2000). En este estudio se realizó dicha modificación ya que

solo se evaluaron dos variables: frecuencia y densidad de las especies de cactáceas registradas.

Para el análisis de la variable frecuencia relativa es necesario realizar el cálculo de la frecuencia absoluta (FA); este cálculo se realizó con la siguiente formula: número de sitios en que estuvo presenta la especie (N); se dividió entre el total de sitios muestreados (52) y se multiplico por cien.

$$FA = \left( \frac{N}{52} \right) 100$$

Teniendo el valor de la FA se realizó el cálculo de la frecuencia relativa (FR) con la siguiente formula:

$$FR = FA \text{ de la especie} / FA \text{ de todas las especies} ) 100$$

La densidad (D) es un parámetro que permite conocer la abundancia de cada una de las especies. Para obtener la abundancia solamente se realizó una suma de todos los individuos registrados de cada una de las especies.

Para el cálculo de la densidad relativa o abundancia relativa se determinó con la siguiente formula: DR=Número de individuos de una especie/ número de individuos total de todas las especies por 100.

Para obtener el IVI de cada especie se sumaron los porcentajes de las variables frecuencia relativa y densidad relativa.

### 3.7.2.2. Similitud

Para comprobar la hipótesis de similitud de especies entre los cuatro gradientes altitudinales (Hipótesis 1) se utilizó el Índice de similitud Sorensen (coeficiente de similitud cuantitativo y coeficiente de similitud cualitativo).

El cálculo del coeficiente de similitud cuantitativa nos permitió conocer la riqueza de especies entre gradientes altitudinales, es por ello que se incluyó el género *Opuntia* y se realizó con la siguiente formula:

$$IS_1 = 2C/(a + b)$$

Dónde: C representa las especies que son similares en ambos gradientes de altitud; (a) nos muestra el número de especies del gradiente uno; (b) es el número de especies del gradiente dos.

Para el cálculo del coeficiente de similitud cuantitativo no se incluyeron las especies del género *Opuntia* y las especies de que se registraron muertas ya que con este análisis se obtuvo la abundancia de especies entre gradientes altitudinales. Se utilizó la siguiente formula:

$$IS_2 = pN/(aN + bN)$$

Dónde: pN representa la sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos gradientes; aN es el número total de individuos vivos del gradiente de altitud uno; bN indica el número total de individuos vivos del gradiente dos.

Para realizar la comparación entre los cuatro gradientes de altitud se hicieron seis combinaciones entre los mismos: Gradiente 1 (550-600), Grad. 2 (601-700), Grad. 3 (701-800), Grad. 4 (801-900).

### **3.7.3 Relación del gradiente altitudinal con las cactáceas**

#### **3.7.3.1. Correlación de riqueza de las especies con el gradiente altitudinal.**

La correlación entre dos variables es el grado de asociación entre las mismas expresado por un valor de coeficiente de correlación ( $r^2$ ) que oscila entre los valores -1 y +1. Para este estudio se trabajó con un nivel de probabilidad de ( $P < 0.05$ ).

Además se recabó información de los estados fenológicos de las especies de cactáceas y se obtuvo el porcentaje de las especies en rebrote, latencia, floración, con fruto, decadentes y muertas. Para el caso del gradiente altitudinal se obtuvo el promedio de la altitud de inicio y la altitud final de los sitios de muestreo.

#### **3.7.4 Distribución por especies.**

Se elaboraron mapas de distribución por especies, con apoyo del software ArcMap 9.3, se elaboraron shapes de puntos y se incluyeron las capas de información de gradiente altitudinal y área de estudio, para definir la distribución de las especies encontradas.

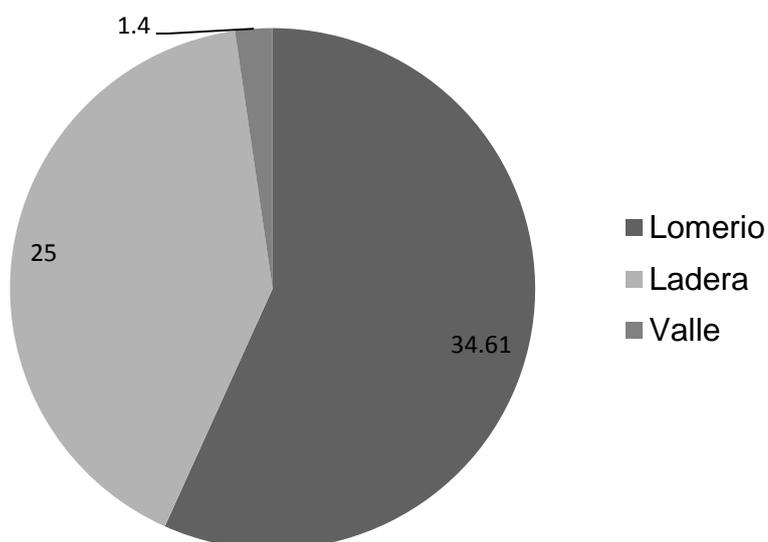
## 4. RESULTADOS

De los 52 sitios de muestreo evaluados dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, en una superficie de 57, 045.43, km<sup>2</sup> que representa el 16.57% de la superficie total del Área Natural Protegida, se registraron 25 especies de cactáceas.

La riqueza de especies de cactáceas registradas en cada uno de los sitios de muestreo fluctúa entre dos a 13 especies, siendo los géneros más representativos *Coryphantha* y *Echinocereus*.

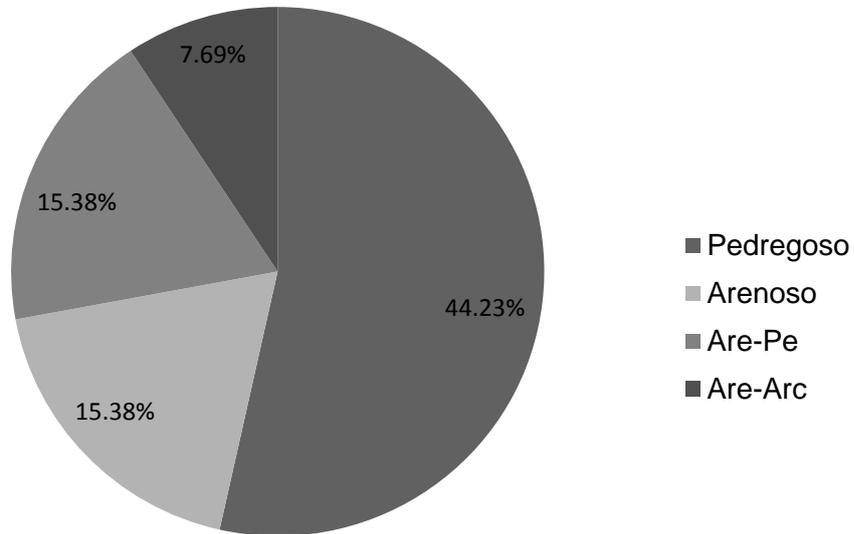
### 4.1. Caracterización general

Los muestreos realizados abarcaron sitios ecológicos donde los más representativos fueron los lomeríos y laderas de baja pendiente, además se presentaron valles con un porcentaje bajo, aunque en la figura (Figura 6) no se observa también se registraron arenales



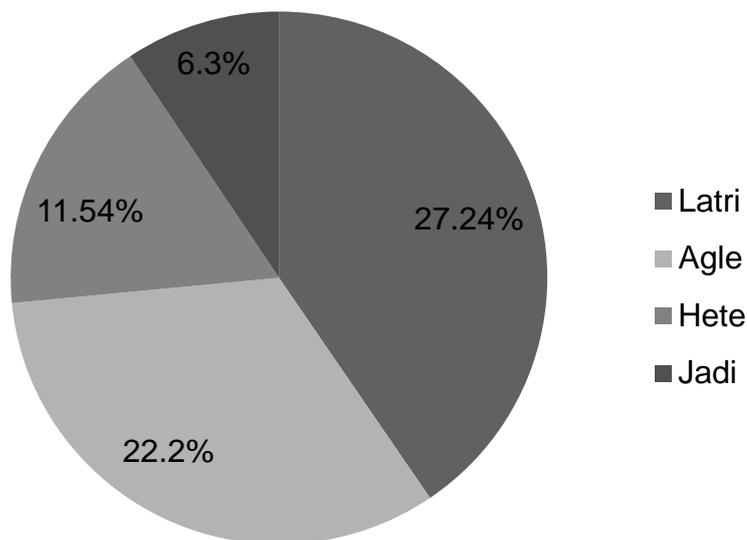
**Figura 5. Porcentaje de los sitios ecológicos que se presentaron en los sitio de muestreo.**

La estructura del suelo en los sitios muestreados mayormente fue pedregosa en los lomeríos y laderas, mientras que en los valles su estructura fue arenoso pedregoso.



**Figura 6. Porcentaje de la estructura del suelo en los sitios de muestreo.**  
**Are-Pe: Arenoso-pedregoso, Are-Arc: Arenoso-arcilloso**

Las especies con mayor frecuencia en los 52 sitios de muestreo fue *Larrea tridentata*, *Agave lechuguilla*, *Fouquieria splendens* y *Jatropha dioica* (Figura 7). Siendo *L. tridentata*, *F. splendens* y *J. dioica* especies representativas del matorral desértico micrófilo y *A. lechuguilla* especie dominante del matorral desértico rosetófilo.



**Figura 7. Porcentaje de las especies vegetales dominantes en los sitios de muestreo.**

**Latri: *Larrea tridentata*, Agle: *Agave lechuguilla*, Hete: *Hechtia texensis* y Jadi: *Jatropha dioica*.**

Se registraron 12 géneros, dentro de los cuales se incluyen un total de 25 especies (Tabla 3) de cactáceas dentro del área de estudio en el Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo.

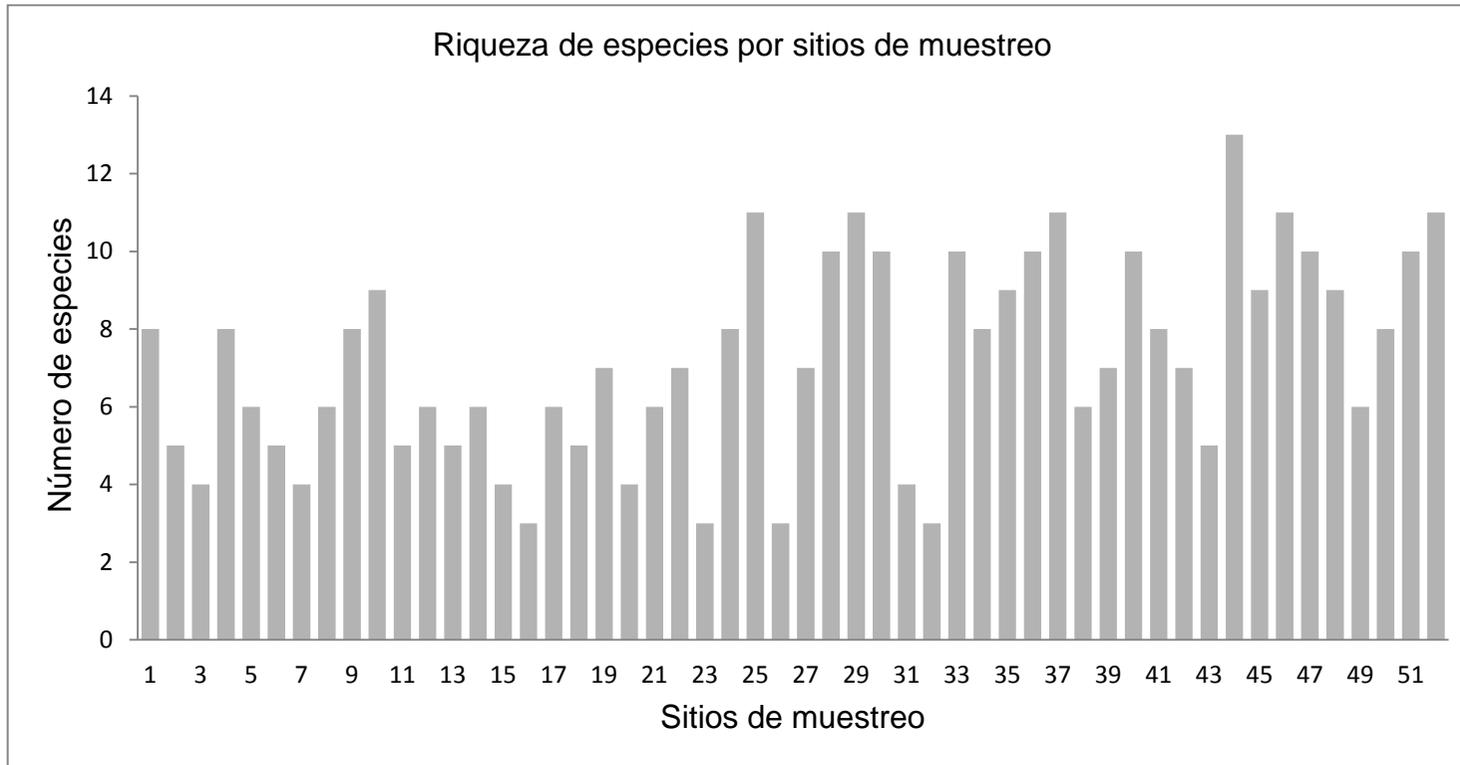
De estas 25 especies, los géneros *Opuntia* y *Cylindropuntia* solamente se tomaron datos de presencia en los sitios de muestreo.

Para la identificación de la especie se le agregó una clave con las iniciales de las dos primeras letras del género y la especie.

En la figura (figura 8) se representa la riqueza de especies por sitios de muestreo, siendo el sitio 44 el más alto con 13 especies y los sitios 16, 23, 26 y 32 fueron los de registro de presencia más bajos con solo tres especies.

**Tabla 3. Listado del registro de las especies de cactáceas en el Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, Coahuila.**

<b>Especie</b>	<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Clave</b>	<b>Sitios</b>
<i>Ariocarpus fissuratus</i>	(Engelmann) K. Schuman	1894	Arfi	15
<i>Corynopuntia bulbispina</i>	(Engelmann) F. M. Knuth	1935	Cobu	29
<i>Coryphantha albicolumnaria</i>	(Hester) Zimmerman (Engelmann) Britton & Rose	1972	Coal	23
<i>Coryphantha echinus</i>	Rose	1923	Coech	8
<i>Coryphantha macromeris</i>	(Engelmann) Lemaire	1868	Coma	6
<i>Coryphantha ramillosa</i>	Cutak	1942	Cora	14
<i>Coryphantha rubustispina</i>	(Lem.) N.P. Taylor	1998	Coru	1
<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	Lemaire	1839	Echo	33
<i>Echinocereus dasyacanthus</i>	Engelmann	1848	Ecda	9
<i>Echinocereus enneacanthus</i>	Engelmann	1848	Ecenn	9
<i>Echinocereus pectinatus</i>	(Scheidweiler) Engelmann	1848	Ecpe	35
<i>Echinocereus perbellus</i>	Britton & Rose	1922	Ecper	8
<i>Echinocereus stramineus</i>	(Engelmann) F.Seitz	1870	Ecst	31
<i>Epithelantha bokei</i>	L. D. Benson (Engelmann) Britton & Rose	1969	Epbo	5
<i>Escobaria dasyacantha</i>	Rose	1923	Esda	8
<i>Escobaria laderoi</i>	(Glass & R.A.Foster) (Muehlenpfordt) Britton & Rose	1979	Esla	10
<i>Escobaria tuberculosa</i>	Rose	1923	Estu	26
<i>Ferocactus hamatacanthus</i>	(Muehlenpfordt) Britton & Rose Galeotti ex Pfeiff & Otto)	1992	Feha	31
<i>Glandulicactus uncinatus</i>	Backeb	1938	Glun	3
<i>Thelocactus bicolor</i>	Britton y Rose (Haw.) F.M.Knuth in	1922	Thbi	1
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Backeb. & F.M.Knuth (DC.) F.M.Knuth in	1936	Cyim	1
<i>Opuntia leptocaulis</i>	Backeb. & F.M.Knuth	1936	Ople	23
<i>Opuntia macrocentra</i>	Engelmann	1859	Opma	32
<i>Opuntia rufida</i>	Engelmann	1856	Opru	6
<i>Opuntia violácea</i> var. <i>macrocentra</i>	(Engelmann) L. D. Benson	1969	Opvi	9



**Figura 8. Riqueza de especies por sitios de muestreo.**

## 4.2. Variables ecológicas

### 4.2.1. Índice de valor de importancia

En la tabla 4 se observan los índices de valor de importancia de cada una de las especies de cactáceas registradas en el área de estudio y se excluyen los géneros *Opuntia* y *Cylindropuntia* ya que solamente se obtuvieron datos de presencia.

Las especies con mayor IVI en el área de estudio fueron *C. bulbispina* (34.72), *E. stramineus* (29.01), *E. pectinatus* (28.52), *E. horizonthalonius* (17.87) y *F. hamatacanthus* (13.85). Mientras que las especies que presentaron IVI bajo fueron *T. bicolor* (0.4) y *C. scheeri* (0.37).

**Tabla 4. Estimación de variables ecológicas: Abundancia, frecuencia e Índice de valor de importancia.**

Especie	Abu. R	Fre. R	IVI
Arfi	2.597	4.630	7.226
Coal	3.181	7.099	10.280
Cobu	25.771	8.951	34.721
Coec	1.493	2.469	3.962
Coma	0.974	3.086	4.060
Cora	2.499	5.864	8.363
Coru	0.065	0.309	0.374
Ecda	2.759	4.630	7.388
Ecen	0.811	4.012	4.824
Echo	7.692	10.185	17.877
Ecpec	17.722	10.802	28.524
Ecper	2.272	2.469	4.741
Ecst	19.442	9.568	29.010
Epbo	0.552	1.543	2.095
Esda	1.525	2.469	3.995
Eslo	1.980	3.086	5.066
Estu	3.895	8.025	11.920
Feha	4.284	9.568	13.852
Glun	0.389	0.926	1.315
Thbi	0.097	0.309	0.406
	100	100	200

**Abu. R: Abundancia relativa, Fre. R: Frecuencia relativa, IVI: Índice de valor de importancia.**

#### 4.2.2. Similitud de especies entre gradientes de altitud

Se realizaron seis comparaciones entre los cuatro gradientes de altitud para obtener el valor del Índice de Similitud cuantitativo (IS Cuan) y el Índice de Similitud cualitativo (IS Cual), los cuales se muestran en la siguiente tabla 5.

Para el IS Cuan, se incluyeron los géneros *Opuntia* y *Cylindropuntia* ya que los cálculos se realizaron en base a presencia y ausencia de especies.

La comparación entre el gradiente de 701-800 con el gradiente 601-700 obtuvo el mayor porcentaje de IS Cuan(89.47%) ya que en el gradiente dos (601-700 msnm) se registraron 15 especies y el tres (701-800 msnm) 16 especies, se difieren por una sola especie, mientras que la comparación entre los gradientes 550-600 y 801-900 obtuvo el porcentaje más bajo de IS Cuan (60%) porque en el gradiente uno (550-600) se obtuvieron 12 especies mientras que en el cuatro (801-900) hubo un total de 19 especies, esto nos indica que entre mayor diferencia exista entre gradientes de altitud las especies no son similares.

En cuanto al IS Cual. los de mayor porcentaje fueron entre los gradientes uno (550-600) y dos (601-700) (33.06%) y entre los gradientes tres (701-800) y cuatro (801-900) con un valor de 31.67%, mientras que la comparación entre los gradientes dos (601-700) y tres (701-800) que presentó un IS Cuan alto (83.33%) obtuvo un IS Cual de 17.14%.

**Tabla 5. Índice de similitud (cuantitativo/cualitativo) entre cuatro gradientes de altitud.**

Grad. Alt.	550-600	601-700	701-800	801-900
550-600				
601-700	82.35/33.06			
701-800	83.33/17.14	89.47/22.46		
801-900	60/24.85	76.19/21.17	81.81/31.67	

**En cada celda se muestran dos valores, el primero corresponde a el IS Cuan y el segundo al IS Cual.**

La diferencia de IS Cuan. se observa ya que el número de individuos de cada gradiente no fue el mismo, se registraron menos individuos en el gradiente tres con solo 587, mientras que en los gradientes uno, dos y cuatro se registraron 784, 807 y 943 individuos respectivamente.

#### **4.3. Correlación de riqueza de especies y el gradiente altitudinal**

Dentro de los cuatro rangos de altitud, el primero (550-600) presentó una correlación del 54.58%, en un rango promedio de 581 msnm registrándose un total de ocho especies de cactáceas, esto indica que hay una relación positiva en este rango, a diferencia del gradiente tres que presenta una correlación muy baja, mientras que en el gradiente dos (601-700) y cuatro (801-900) presentaron una correlación negativa lo que significa que no existe relación entre la riqueza de las especies en cuanto al gradiente de altitud. Estos resultados nos indican que no existe relación entre el gradiente de altitud con la riqueza de las cactáceas.

**Tabla 6. Coeficiente de correlación de la riqueza de especies y el gradiente de altitud.**

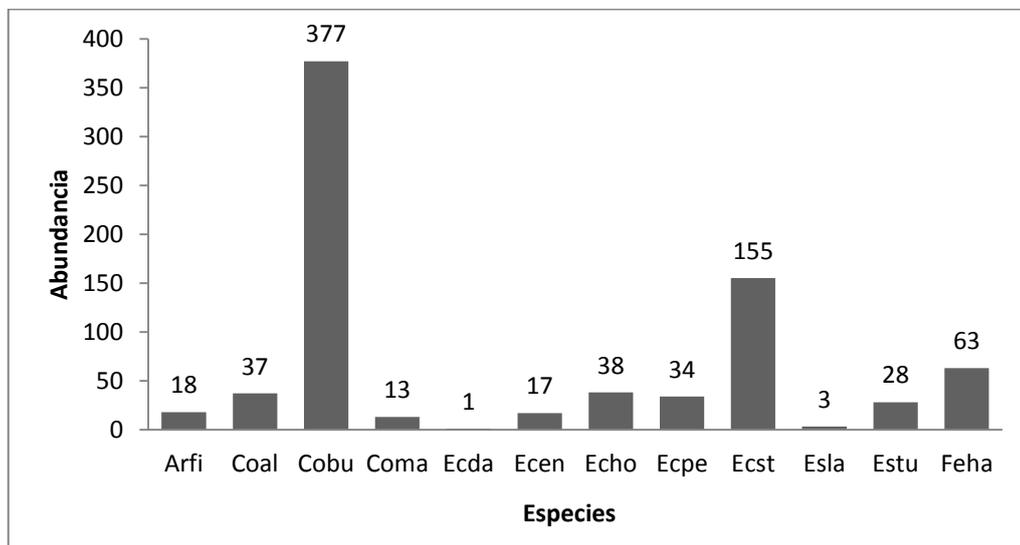
Valores promedio				
Nº	Rango	Riqueza	Altitud	r <sup>2</sup>
1	550-600	8	581	54.58
2	601-700	6	648	-10.84
3	701-800	7.91	755	1.14
4	801-900	7.61	865	-3.56

r<sup>2</sup>: Coeficiente de correlación

#### 4.4 Abundancia y distribución de especies

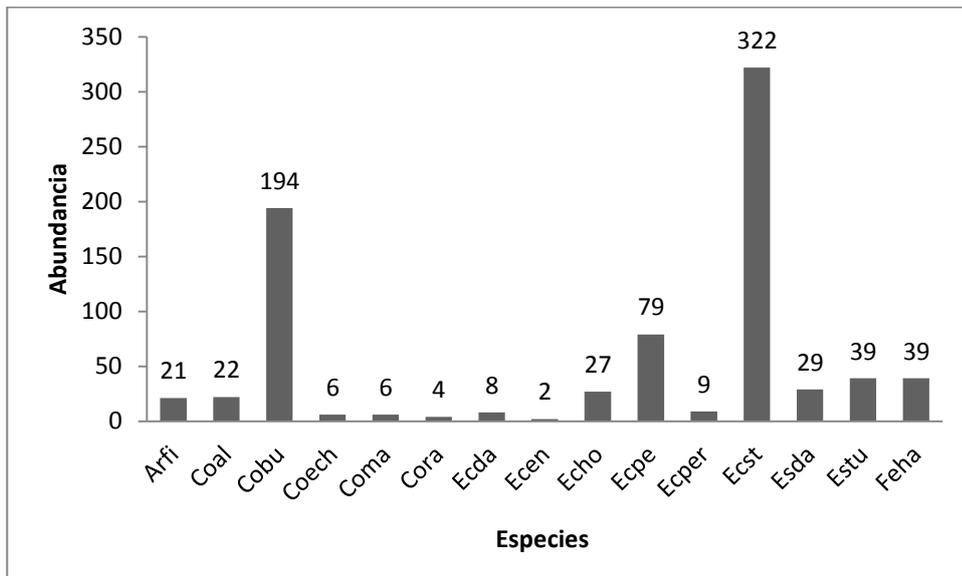
##### 4. 4. 1. Abundancia de especies

En el primer rango de altitud de 550-600 msnm hubo una riqueza de 12 especies, siendo las más abundantes *Corynopuntia bulbispina* y *Echinocereus stramineus*, mientras que *E. dasyacanthus* fue la menos abundante.



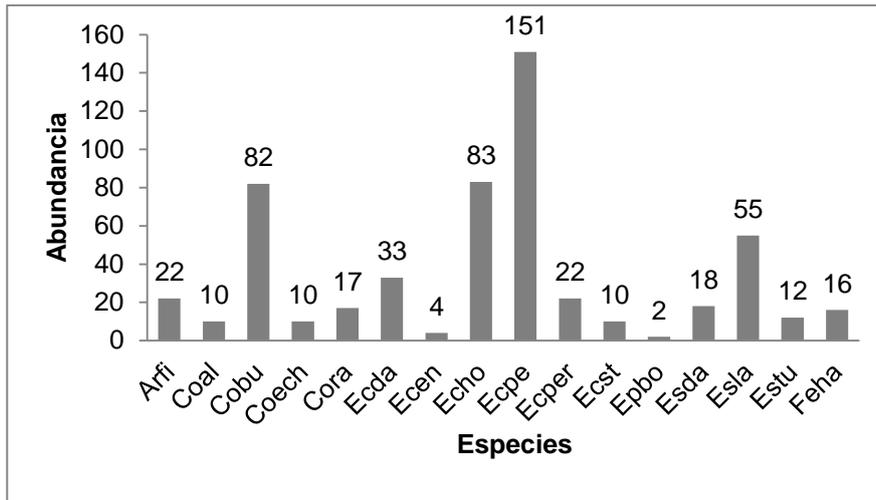
**Figura 9. Abundancia de especies en el primer rango altitudinal (550-600 msnm).**

En el segundo gradiente de altitud (601-700) como se observa en la siguiente figura 10 las especies de mayor abundancia fueron *Echinocereus stramineus* y *Corynopuntia bulbispina* con 322 y 194 individuos respectivamente; de igual manera *E. enneacanthus* fue la menos abundante con solo dos individuos. Para este gradiente de altitud se sumaron cuatro especies, *Coryphantha ramillosa*, *Coryphantha echinus*, *Escobaria dasyacantha* y *Echinocereus perbellus*, teniendo en total una riqueza de 15 especies.



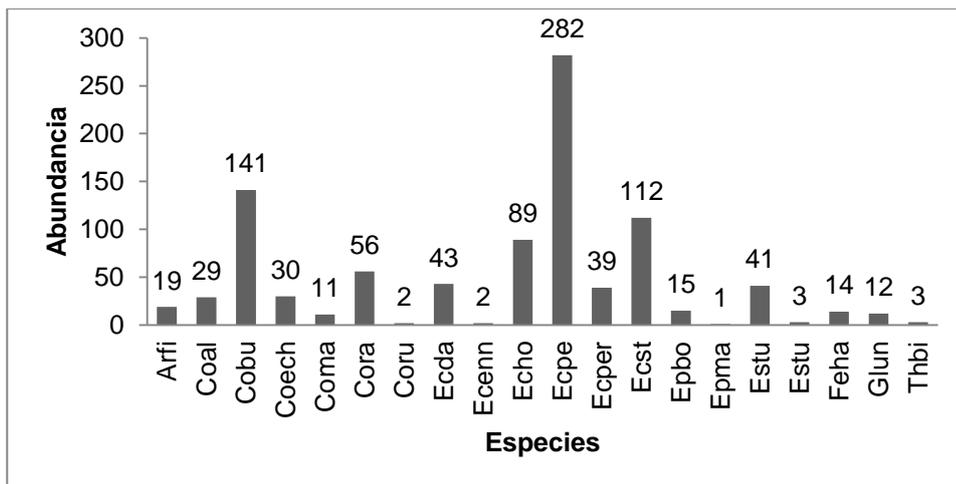
**Figura 10. Abundancia de especies en el segundo rango altitudinal (601-700 msnm).**

Para el rango de altitud de 701-800 msnm se registraron 16 especies, siendo *Epithelantha bokei* la que se sumó al registro. En este gradiente *Echinocereus pectinatus*, *Echinocactus horizontalonius* y *Corynopuntia bulbispina* fueron las de mayor abundancia con 151, 83 y 82 individuos respectivamente, mientras que la especie de menor abundancia fue *E. bokei*.



**Figura 11. Abundancia de especies en el tercer rango altitudinal (701-800 msnm).**

El cuarto gradiente de altitud (801-900) fue el que presento mayor riqueza con un total de 19 especies de cactáceas; registrándose dos nuevas *Thelocactus bicolor* y *Glandulicactus uncinatus*. En este gradiente las especies de mayor abundancia fueron *E. pectinatus*, *C. bulbispina*, *E. stramineus*, y *E. horizonthalonius* con 282, 141, 112 y 89 individuos respectivamente.



**Figura 12. Abundancia de especies en el cuarto rango altitudinal (801-900 msnm).**

#### 4.4.2. Distribución específica de especies

Las especies que estuvieron presentes en la mayor parte de los sitios muestreados fueron *Echinocereus pectinatus* con una frecuencia de un 67% (figura 22), *Echinocactus horizonthalonius* con una frecuencia de un 63% (figura 19), *Echinocereus stramineus* (figura 24), *Ferocactus. hamatacanthus* (figura 27) ambos con una frecuencia de un 60%, *Corynopuntia bulbispina* con un valor de 56% de frecuencia (figura 14), *Escobaria tuberculosa* con una frecuencia del 50% (figura 30) y *C. albicolumnaria* (figura 15).

Mientras que otras especies presentaron menor distribución, como *E. dasyacanthus* (figura 20), *E. enneacanthus* (figura 21), *E. dasyacantha* (figura 26), *C. echinus* (figura 16), *E. perbellus* (figura 23), *C. macromeris* (figura 17), *E. bokei k* (figura 25),). Mientras que otras especies estuvieron muy poco distribuidas como *G. uncinatus* (figura 28), *T. bicolor* (figura 29), *C. rubustispina* (figura 31),

Además se registraron especies que se enlistan en la NOM-059-SEMARNAT-2010; *A. fissuratus* se encuentra como especie en peligro (P), se distribuyó en 15 sitios con una frecuencia de 295 (figura 13); *C. ramillosa* se encuentra en estatus de amenaza (A), su distribución se observó a partir del segundo rango de altitud (figura 18), siendo más abundante en el cuarto gradiente, donde se registraron un total de 56 individuos, otro especie que está con estatus de protección especial (Pr) es *F. hamatacanthus*, sin embargo esta especie fue la que estuvo más distribuida dentro del área de estudio, a diferencia de *E. bokei*, *G. uncinatus* y *T. bicolor* que su distribución es restringida y se enlistan como especies amenazadas (A)

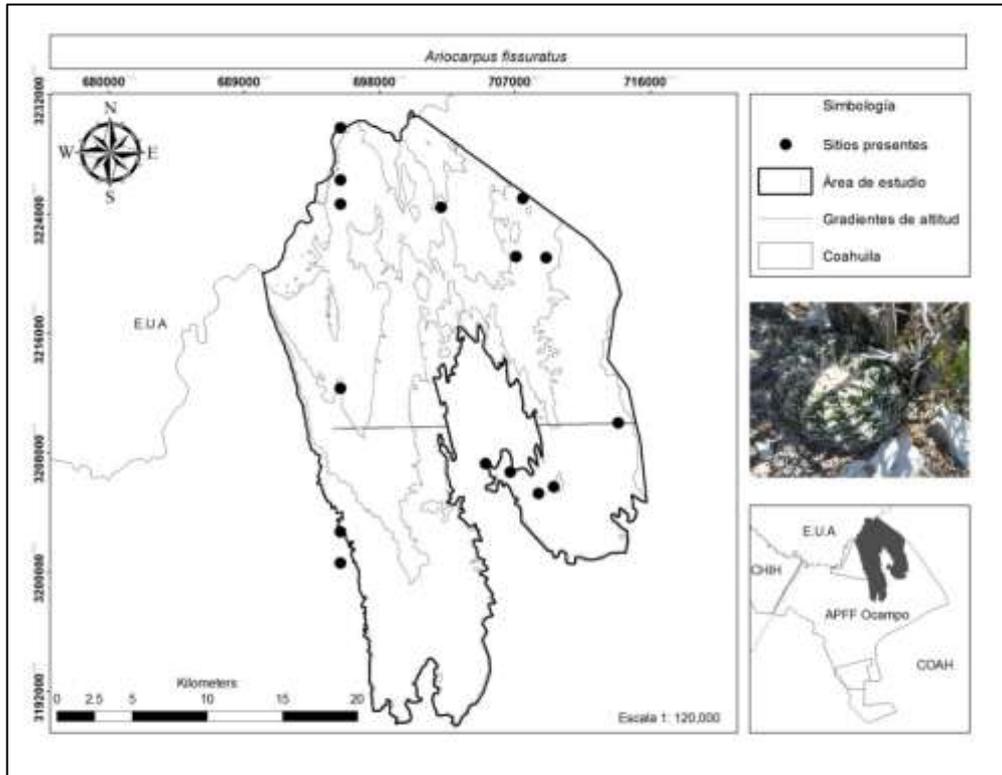


Figura 13. Distribución de *Ariocarpus fissuratus*

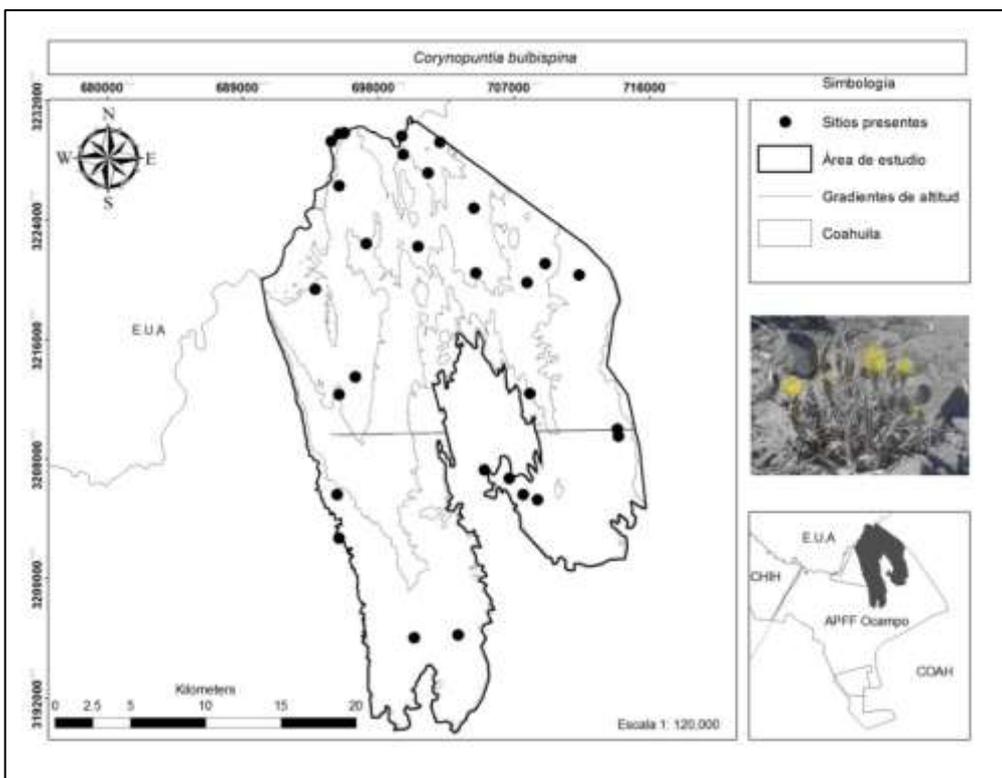


Figura 14: Distribución de *Corynopuntia bulbispina*

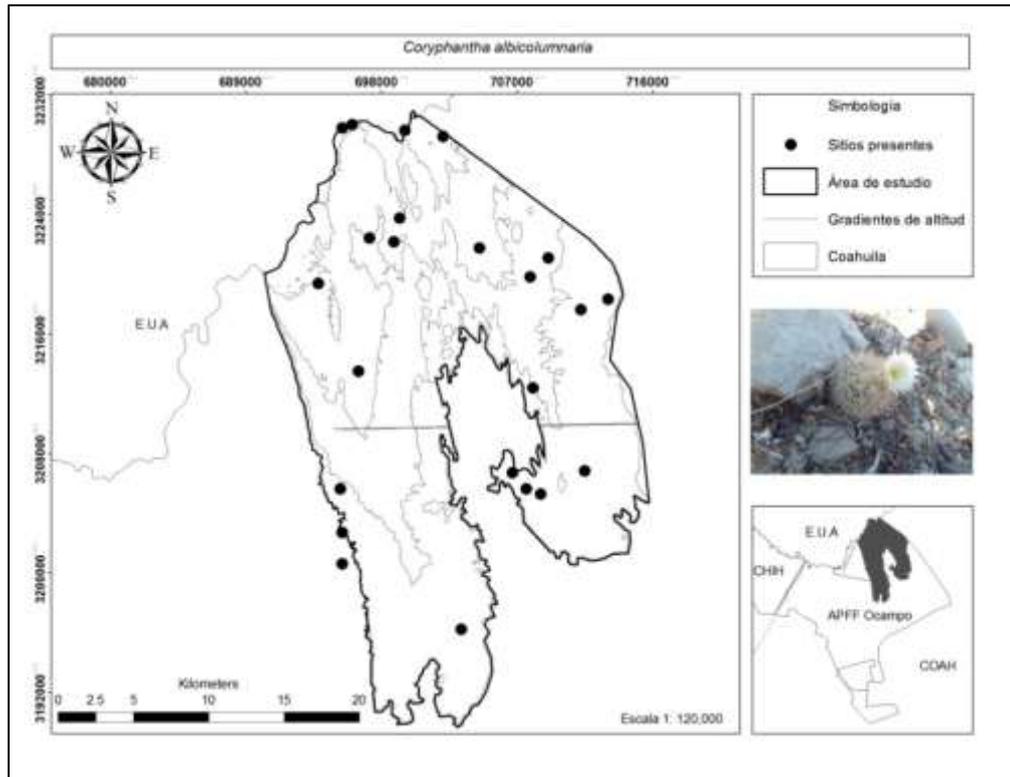


Figura 15: Distribución de *Coryphantha albicolumnaria*.

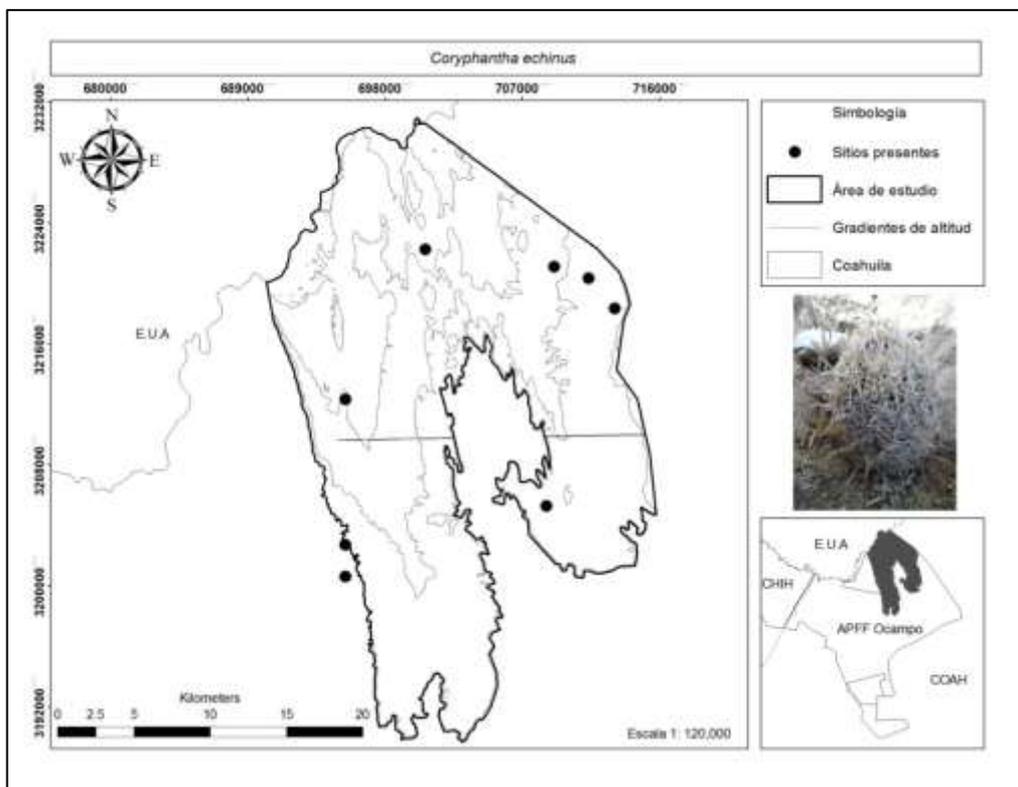


Figura 16: Distribución de *Coryphantha echinus*.

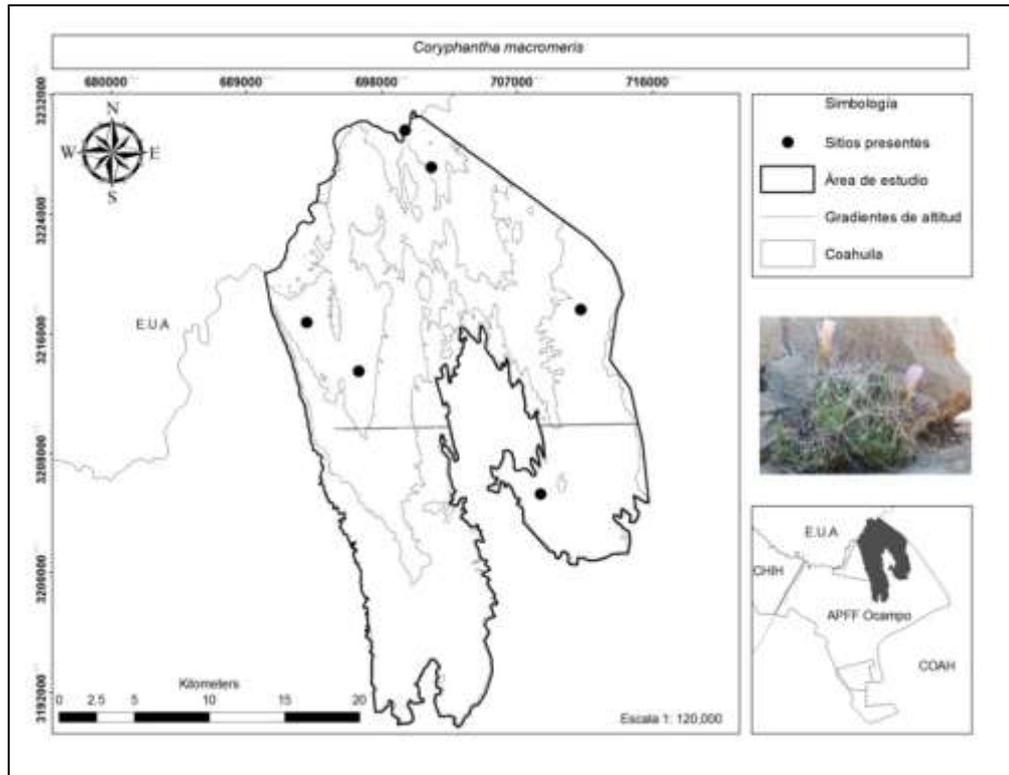


Figura 17: Distribución de *Coryphantha macromeris*.

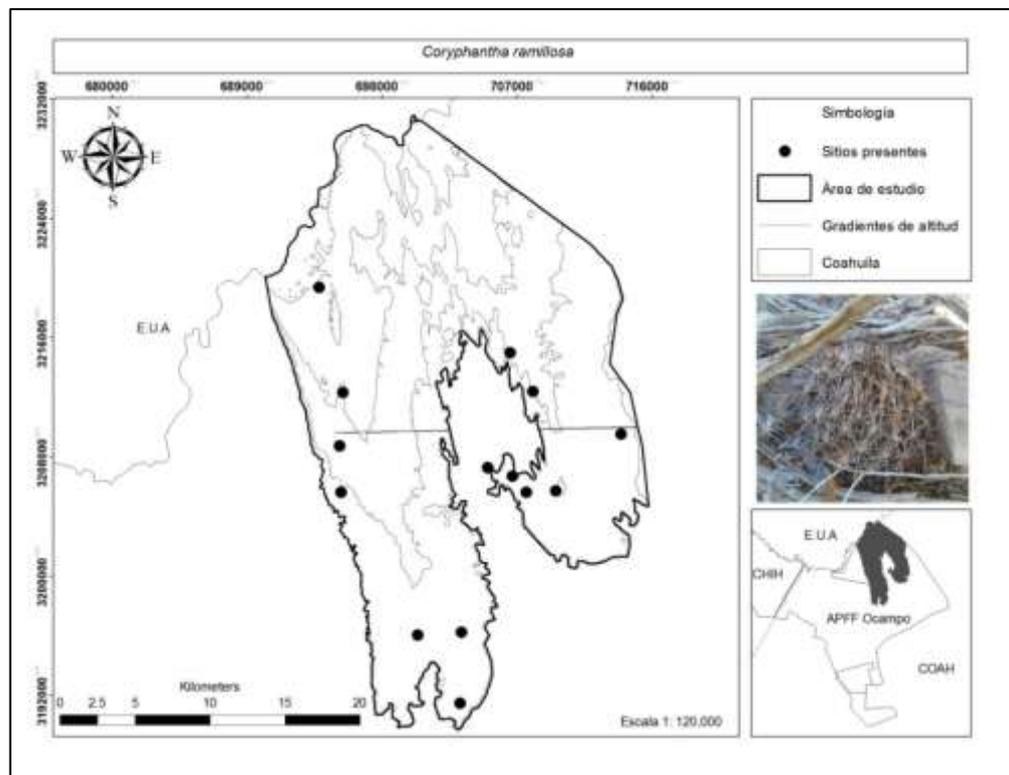
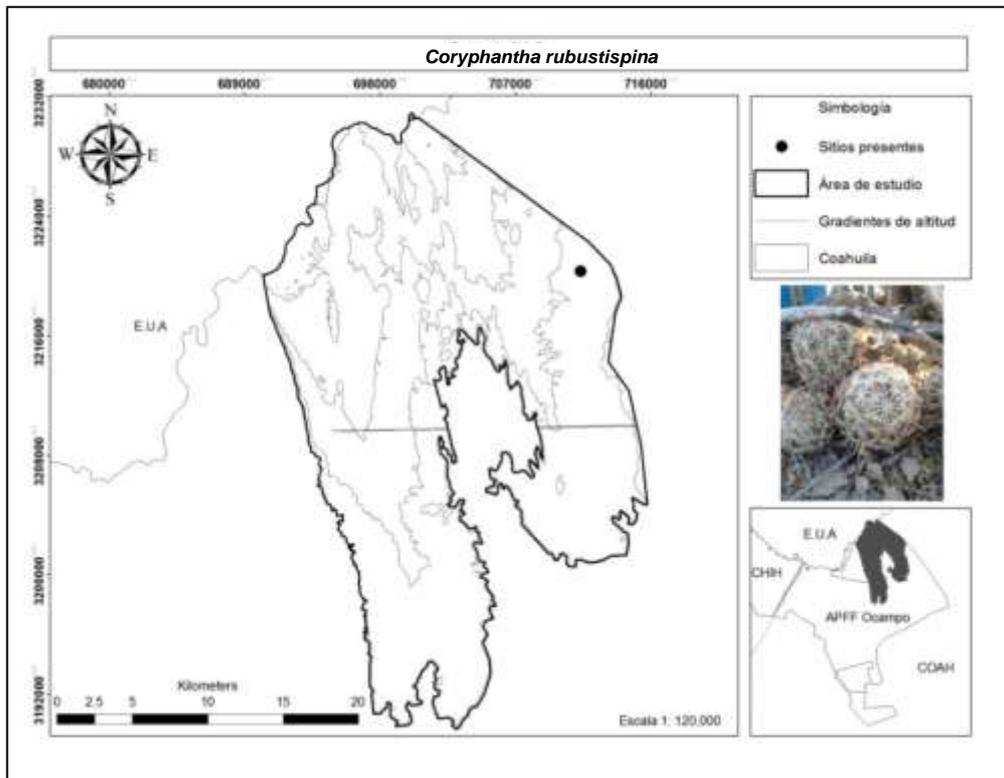
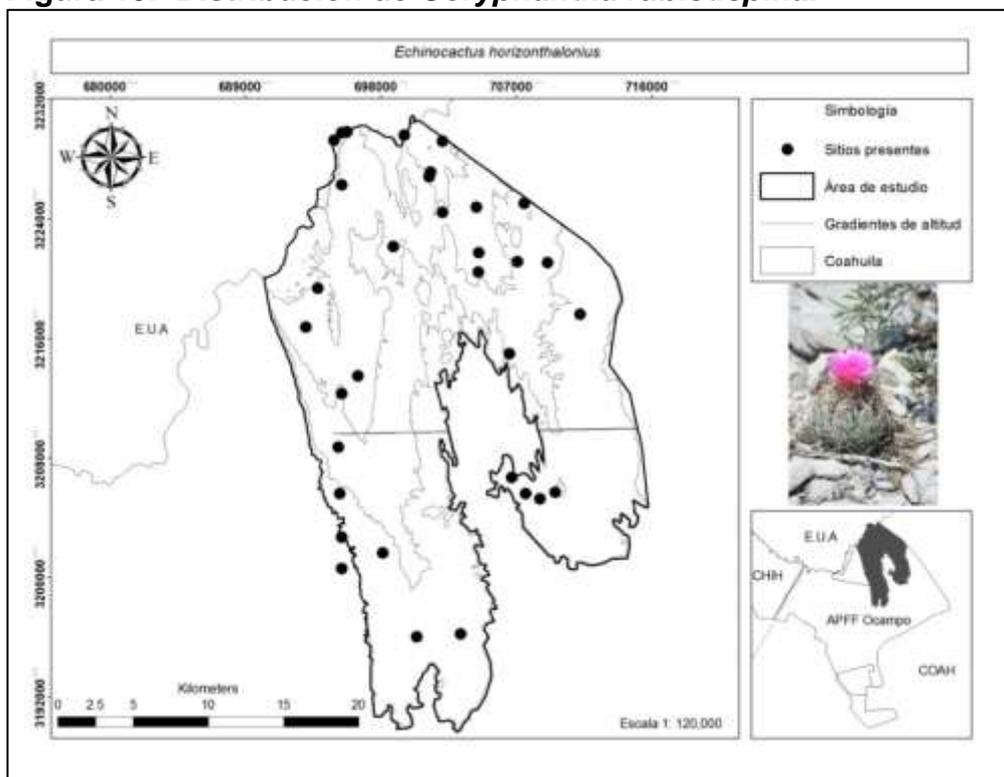


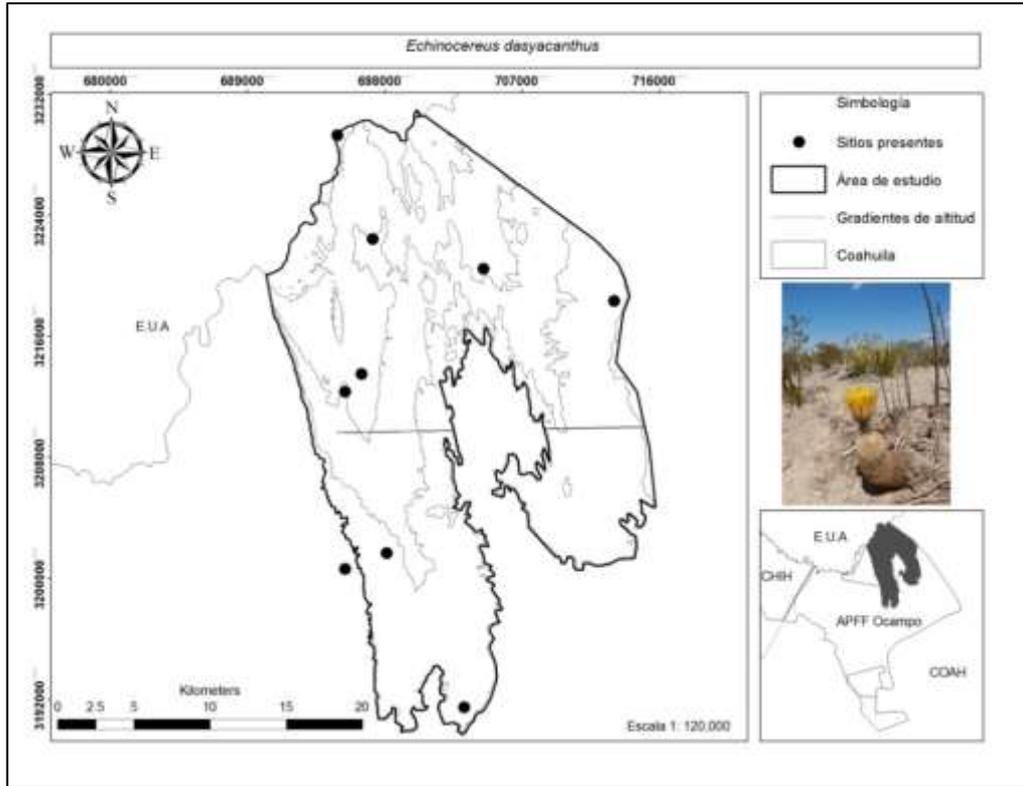
Figura 18. Distribución de *Coryphantha ramillosa*.



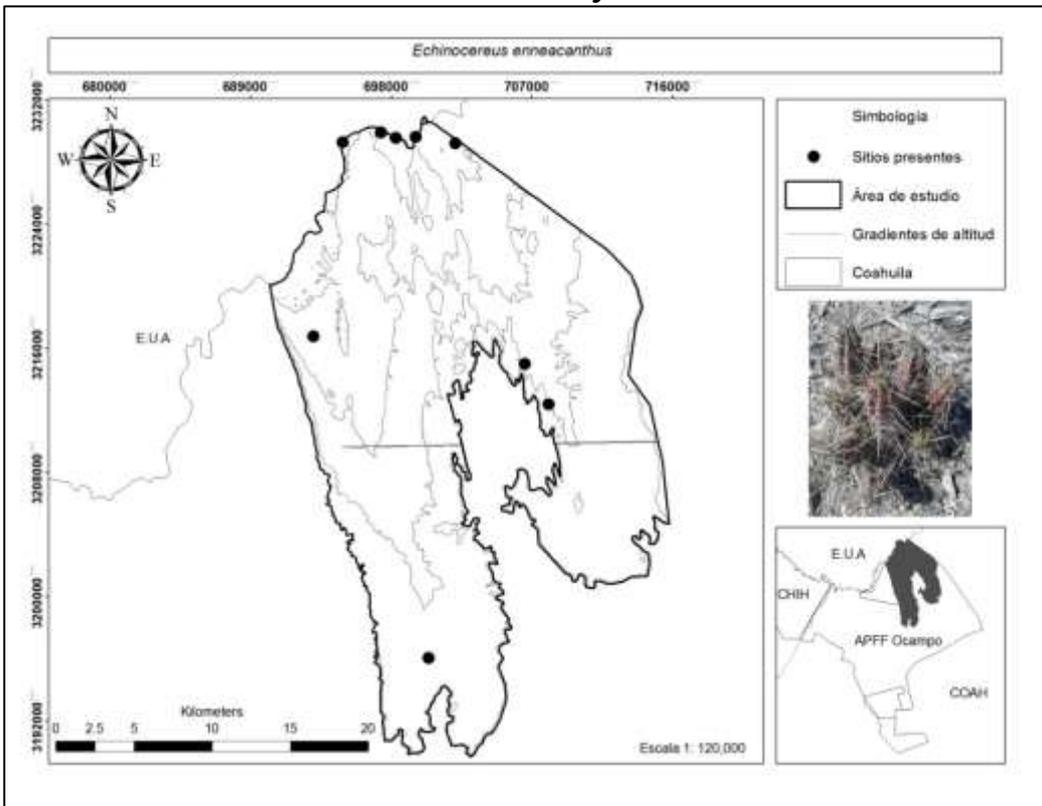
**Figura 19. Distribución de *Coryphantha rubustispina*.**



**Figura 20: Distribución de *Echinocactus horizontalionus*.**



**21. Distribución de *Echinocereus dasyacanthus***



**Figura 22: Distribución de *Echinocereus enneacanthus***

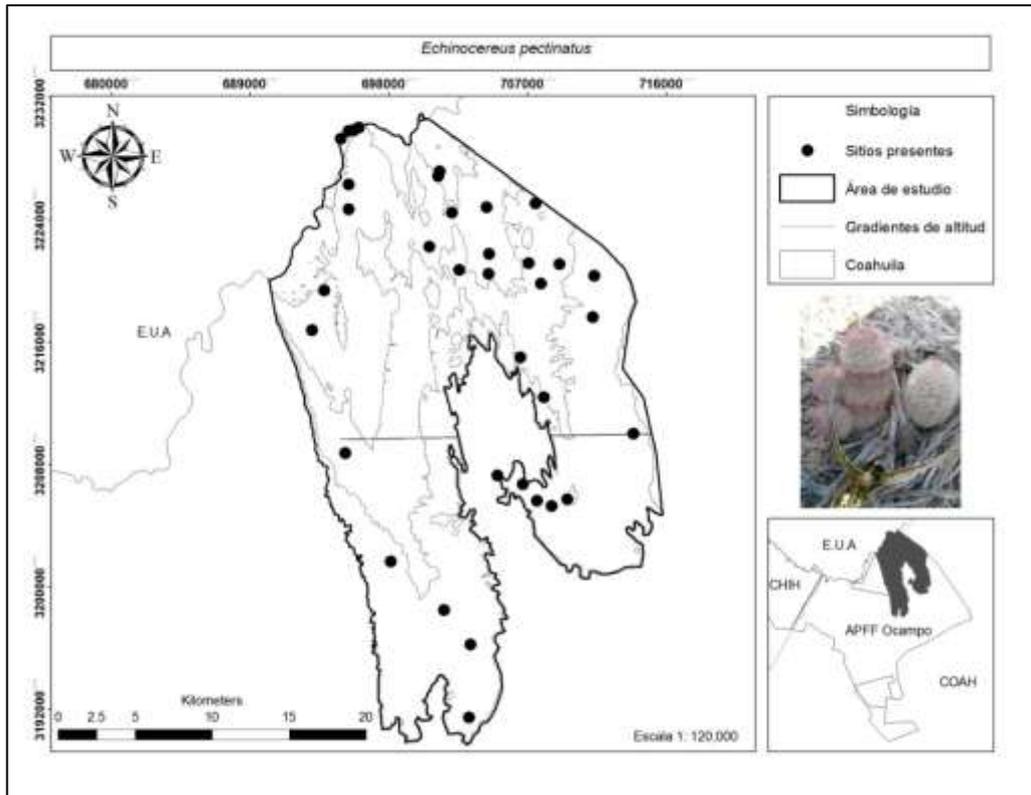


Figura 23: Distribución de *Echinocereus pectinatus*.

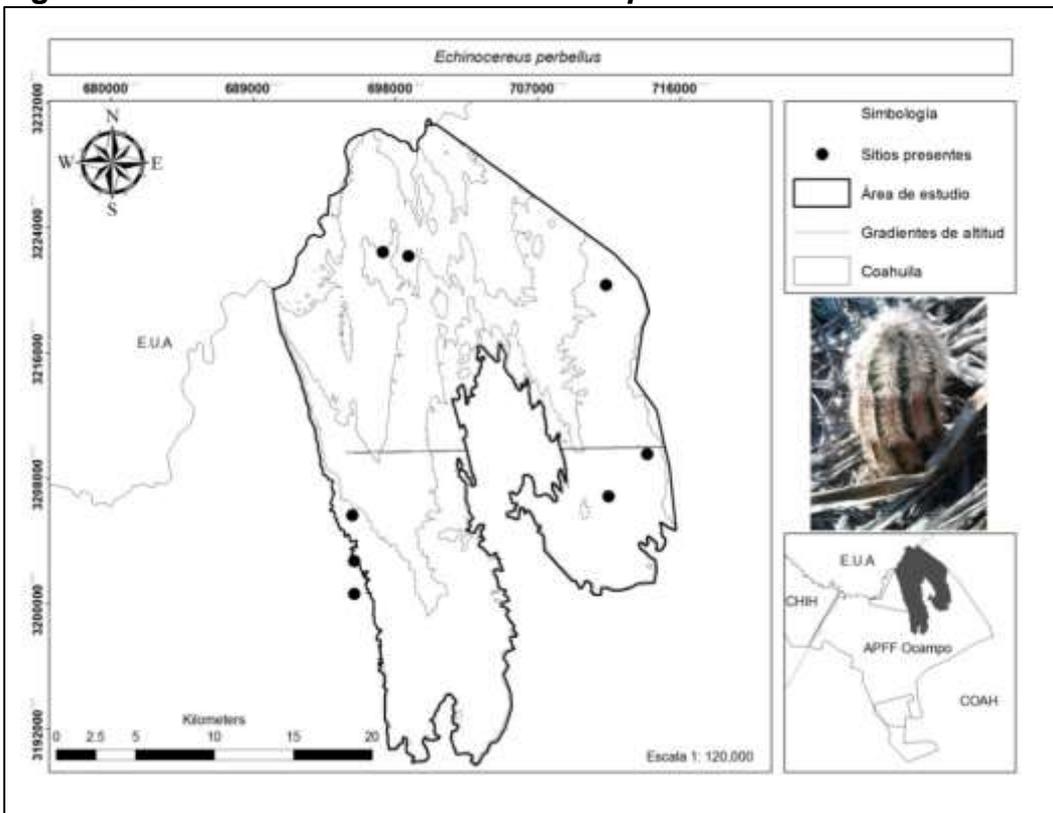


Figura 24: Distribución de *Echinocereus perbellus*.

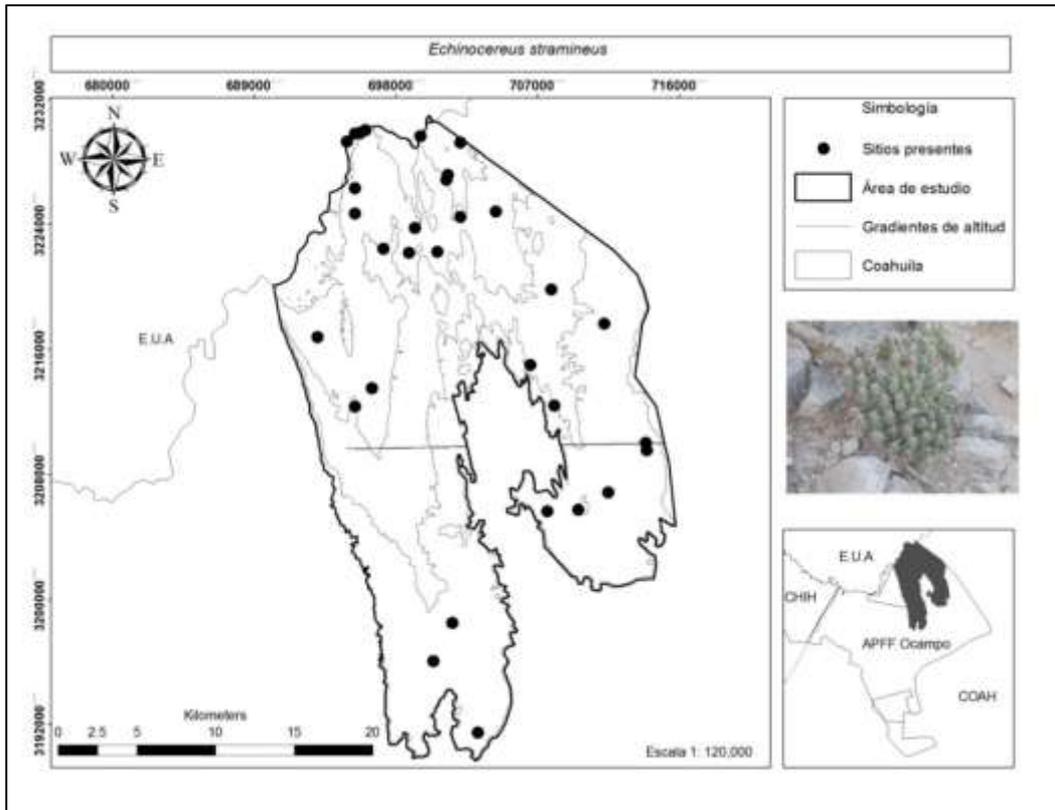


Figura 25: Distribución de *Echinocereus stramineus*.

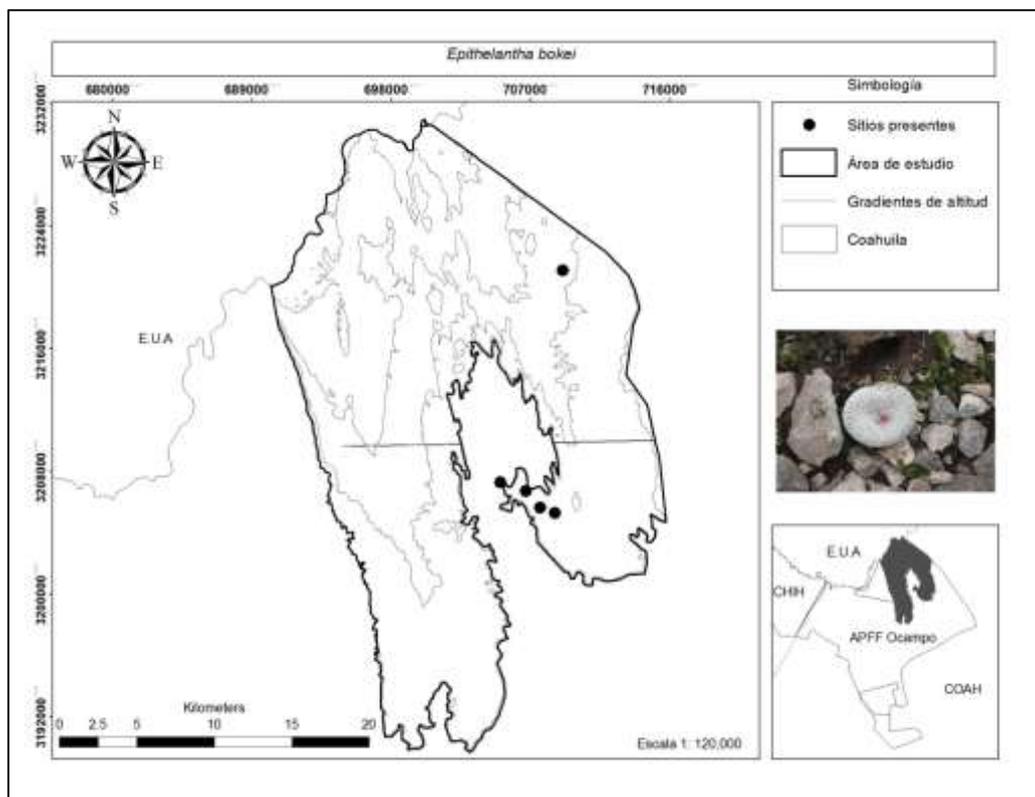
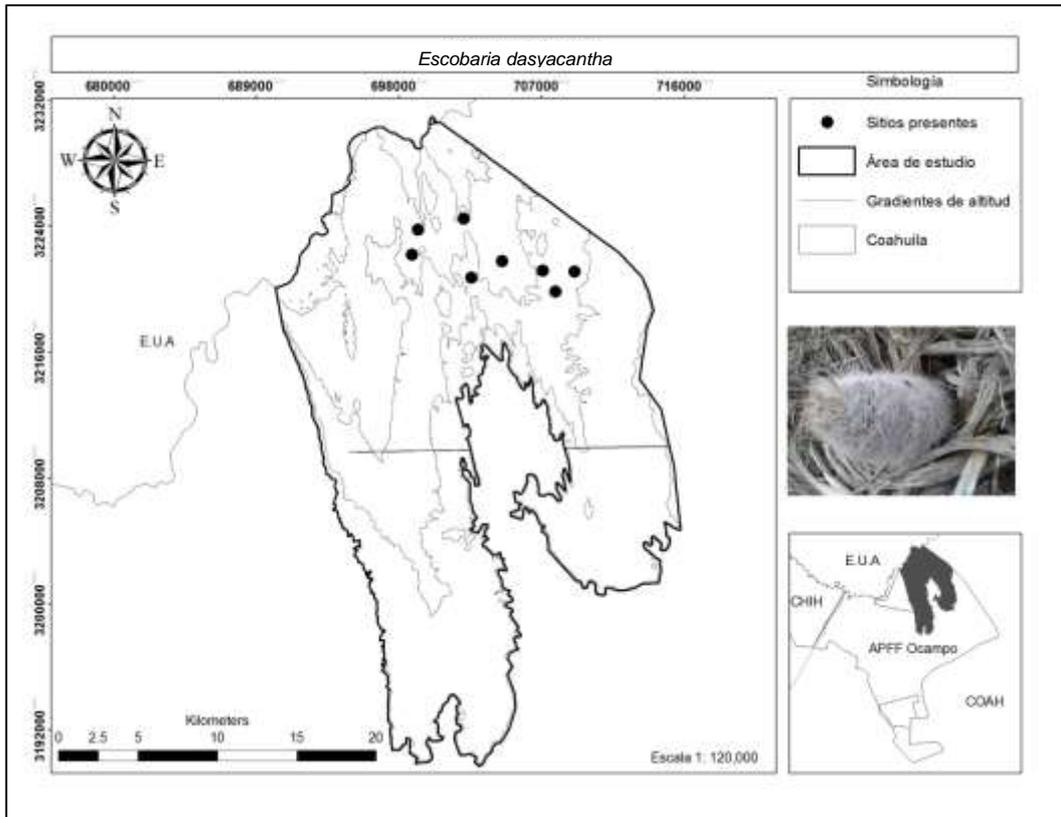
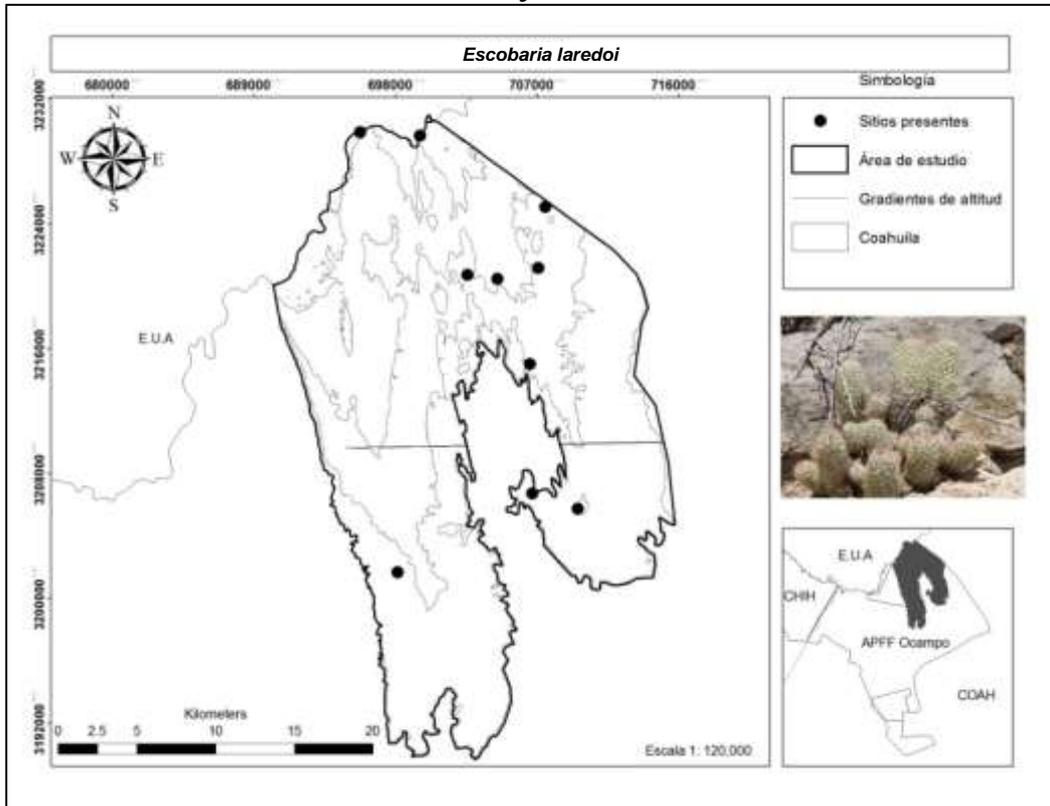


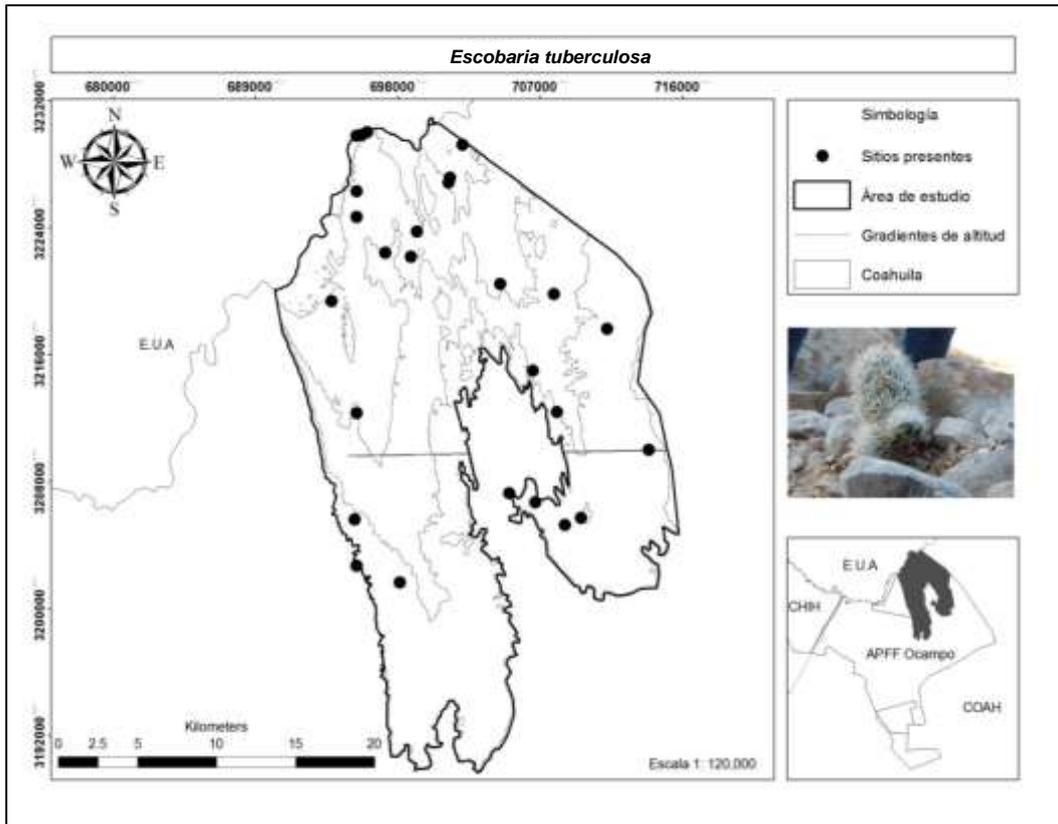
Figura 26. Distribución de *Epithelantha bokei*



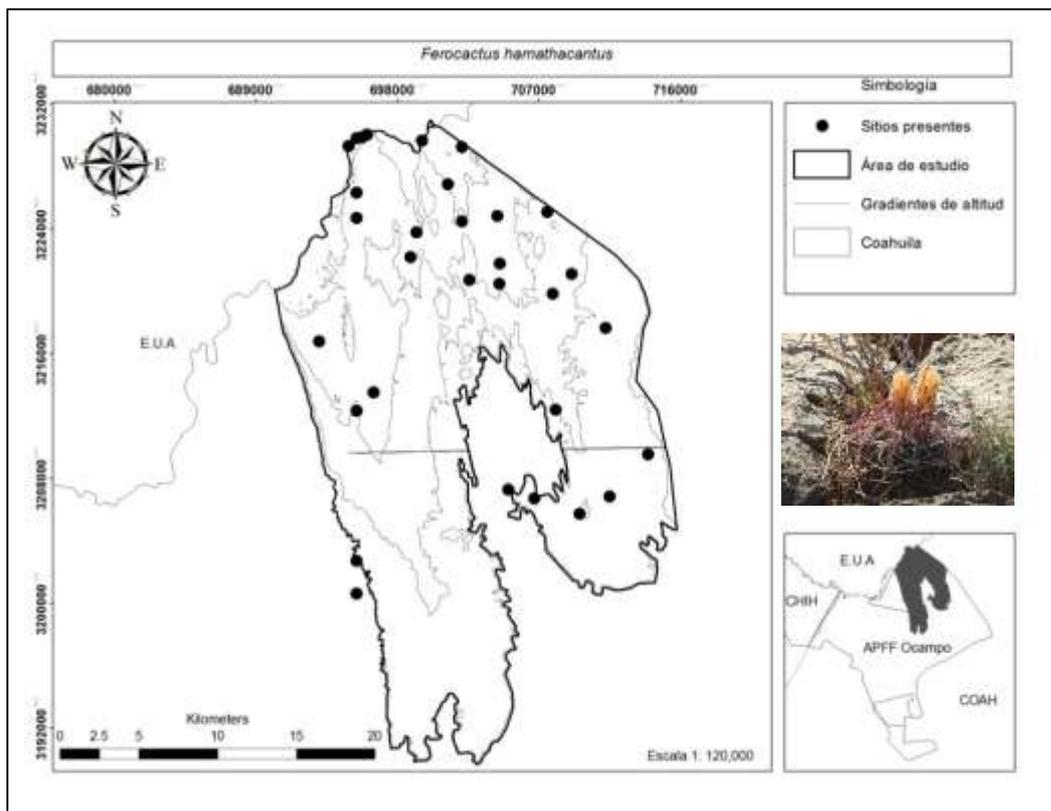
**27. Distribución de *Escobaria dasyacantha***

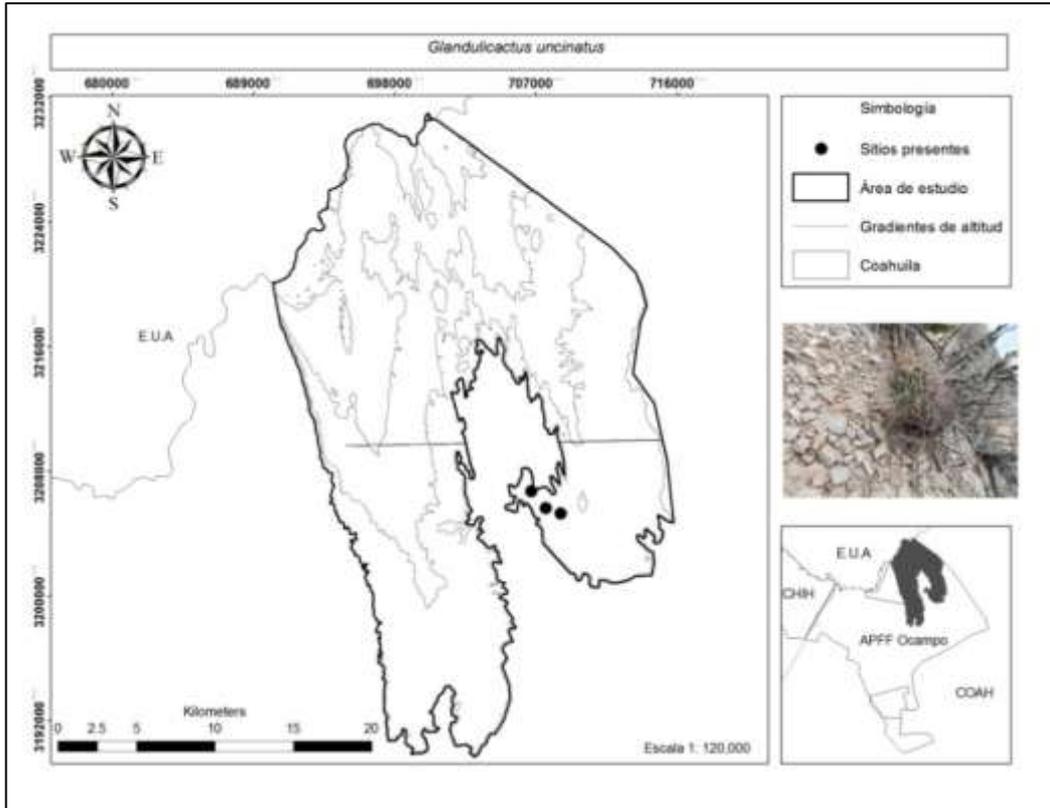


**28. Distribución de *Escobaria laredoi***

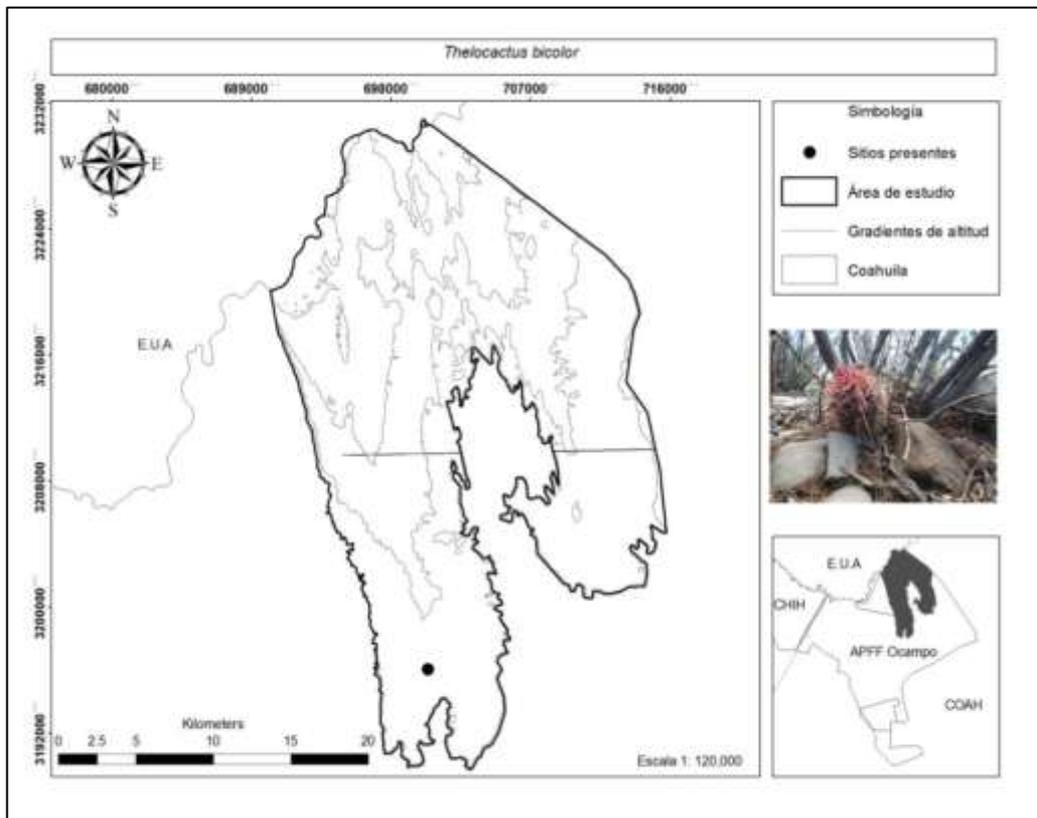


**29. Distribución de *Escobaria tuberculosa***





**Figura 31: Distribución de *Glandulicactus uncinatus*.**



**Figura 32: Distribución de *Thelocactus bicolor*.**

## 5. DISCUSIÓN

Las cactáceas registradas en este estudio se encontraron asociadas a especies vegetales como *Larrea tridentata*, *Agave lechuguilla*, *Fouquieria splendens*, que son especies representativas del matorral desértico chihuahuense, dentro de sitios ecológicos como laderas y lomeríos de baja pendiente. Estos resultados son similares a los que reportan Lebgue *et al* (2011) en el estado de Chihuahua la mayor parte de las cactáceas se distribuyen en matorrales y pastizales, pero difiere para aquellas especies que se distribuyen en gradientes de altitud muy elevados donde la vegetación presente son bosques templados. Así mismo Reyes (2006) menciona que las cactáceas en el APFF Cañón de Santa Elena están presentes en pastizales y con mayor abundancia en matorral desértico micrófilo y rosetófilo, mientras que Alias y Veliz (2006) describen que para Guatemala, las cactáceas se distribuyen en matorral espinoso, bosque tropical lluvioso y bosque tropical caducifolio, presentando mayor riqueza en la primera, lo que es coincidente con los resultados de este trabajo en cuanto a la afinidad por comunidades de matorral. La distribución de las cactáceas va a depender de cada especie, ya que hay algunas que tienen una distribución específica o que son exclusivas a cierto tipo de vegetación o elevaciones geográficas.

Se registraron un total de 25 especies dentro del área de estudio, la mayoría de las especies de este estudio también aparecen en el listado que reporta Reyes (2006) para el APFF Cañón de Santa Elena con 33 especies, mientras que Douglas (1998) reporta 44 especies para el Parque

Nacional Big Bend en el estado de Texas, EUA, que de igual manera son similares a las de este estudio. Este trabajo solamente incluye una parte del ANP, es por ello que no fue posible encontrar otras especies como *Coryphantha. pseudoechinus*, *Mammillaria pottsii*, *Neolloydea conoidea*, como lo indica el Programa de Manejo den ANP (SEMARNAT, 2015<sup>a</sup>), además se observó *M. heyderi* que se encontraba dentro del rango de altitud de este estudio.

Las especies encontradas en este estudio son similares a las que reporta Reyes (2006) para el APFF Cañón de Santa Elena con 35 especies, supera los resultados de este estudio por 10 especies, mientras que Douglas (1998) reporta 44 especies de cactáceas para el Parque Nacional Big Bend, pero dentro de ese total de especies todas las cactáceas registradas para el APFF Ocampo son similares.

Las especies de mayor índice de valor de importancia ecológica fueron *Corynopuntia. bulbispina* (34.7%), en seguida se encuentra *Echinocereus. stramineus* (29%), los resultados de este estudio coinciden a los que reportan Carmona *et al* (2008), donde *Agave. lechuguilla* y *E. stramineus* fueron las especies de mayor IVI, sin embargo en este estudio *Á. lechuguilla* fue la segunda especie que presentó un 22.24% de incidencia en asociaciones vegetales.

Para la variable de similitud por gradientes de altitud hubo mayor IS Cual e IS Cual entre los gradientes uno y dos con valores de 82.35% y 33.06%, estos resultados de IS cual coindicen a los que reportan Sánchez *et al* (2014) para el estado de Durango, donde dividió 16 municipios del estado

en tres grupos, para tomar datos de presencia y ausencia de cactáceas y se realizó una comparación entre los mismos, obteniendo un 83%, 82% y 66% de similitud en los grupos, los dos primeros grupos resultaron casi iguales ya que compartieron las mismas especies *Coryphantha*, *Cylindropuntia* y *Echinocereus*, el tercer grupo resulto disimilar a los otros dos ya que la diversidad del genero *Coryphantha* fue menor; en este estudio se observó que la similitud en cuanto a riqueza y abundancia de especies entre los gradientes de altitud dependió del registro del número de especies y el número de individuos de cada gradiente de altitud, entre más equitativos estén los valores de especies e individuos habrá mayor similitud.

En cuanto a la correlación de la riqueza de especies con el gradiente de altitud, hubo una relación significativa para el primer gradiente (550-600) con un valor del 54.58%, para el segundo gradiente el valor de correlación fue muy bajo (1.14%), mientras que para los otros rangos de altitud su correlación fue negativa; comparando los resultados de este estudio con los de Brailovsky (2008) obtuvo un valor de correlación (0.0004) muy bajo, así mismo para otros factores ambientales como precipitación ( $r^2=0.012$ ) y temperatura ( $r^2 =0.042$ ), de igual manera Godínez y Ortega (2007) encontraron una correlación en la temperatura ( $r^2 =0.17$ ) y la precipitación ( $r^2 =0.12$ ) pero obtuvieron una relación muy significativa entre la riqueza de cactáceas y la aridez ( $r^2=0.40$ ); de esta manera podemos anular la hipótesis que se planteó en este estudio que el gradiente de altitud influye en la distribución y abundancia de las cactáceas, ya que solamente la correlación significativa fue en un solo gradiente, pero no sin antes mencionar que

algunas especies fueron afines a ciertos rangos de altitud como *T. bicolor*, *G. uncinatus* y *C. ramillosa* que se les observó solamente en el cuarto rango de altitud (801-900 msnm).

## 6. CONCLUSIONES

Los hábitats tipo de las cactáceas dentro del gradiente altitudinal de los 550-900 msnm en el APFF Ocampo son similares en más del 50% en relación al número de especies, ya que la mayor parte de su distribución fue en comunidades de matorral desértico micrófilo y rosetófilo.

Se registraron ocho especies más que se pueden incluir al programa de manejo del ANP, de las cuales tres están en categoría de riesgo en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Durante las evaluaciones de los muestreos se detectaron algunas amenazas como la perturbación del hábitat de especies por el pastoreo de ganado, es importante tomar en cuenta este factor de perturbación ya que ciertas especies fueron afines a ciertos gradientes de altitud.

Una estrategia de poder conservar las cactáceas dentro del ANP es divulgar la importancia que tienen a nivel ecosistema, ya sea que puede funcionar como sustento de alimento de otra especie, además el desierto Chihuahuense es una ecorregión considerada de mayor diversidad de cactáceas. El conocimiento de la distribución, diversidad y riqueza de estas especies permite tomar decisiones de manejo como en los casos de opiniones técnicas para el cambio de uso de suelo o actividades extractivas como la minería, dando prioridad a especies presentes en ecosistemas frágiles y especies endémicas.

## 7. LITERATURA CITADA

- Anderson, E. F. 2001. The Cactus Family. Timber Press, Portland, Oregon. U.S.A. 776 pp.
- Andrade, J. L., E. Barrera, C. Reyes, M. Ricalde, G. Vargas y J. C. Cervera. 2007. El metabolismo ácido de las crasuláceas: Diversidad, fisiología ambiental y productividad. Boletín de la Sociedad Mexicana. 81: 37-50.
- Arias, S. y Véliz P. M. 2006. Diversidad y distribución de las Cactaceae en Guatemala. Biodiversidad de Guatemala. Vol. I. 230-238.
- Arredondo, G. A. 2002. Propagación y mantenimiento de cactáceas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 21:1-37.
- Bárcenas, R. T. 2006. Comercio de cactáceas mexicanas y perspectivas para su conservación. Biodiversitas. CONABIO. 68: 11-15.
- Becerra, R. 2000. Cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. Biodiversitas. CONABIO. 6 (32): 1-5.
- Benítez, H. y P. Dávila. 2002. Las cactáceas mexicanas en el contexto de la CITES. CONABIO. Biodiversitas. 40:8-11.
- Brailovsky, S. D. 2008. Diversidad, distribución geográfica y conservación de cactáceas en el desierto Chihuahuense región de Mazapil, Zacatecas

- y áreas adyacentes. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. 117 pp.
- Carmona, L. M., R. Foroughbakhch, A. Flores, M. A. Alvarado y M. A. Guzmán. 2008. Flora ecológica y especies asociadas al área natural protegida Sierra Corral de los Bandidos, Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79:307-323.
- Cebreroz, G. C., M. A. Marín, M. A. Mejía, V. Herrera, J. F. Morales. 2012. Estudio del aparato estomático en cactáceas. Resumen: XIII Seminario de Investigación de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Del 16 al 18 de Mayo de 2012. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México. 1p.
- Douglas, B. E. 1998. *Cactuses of de Big Bend National Park*. University of de Texas Press ed. 82 pp.
- Encina, D. J. 2015. La vegetación del estado de Coahuila. En Valdés, R. J. Gramíneas de Coahuila. Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F. 11-24.
- Flores, A. y H. Zárate. (Sin fecha). *Guía de cactáceas del estado de Coahuila*. Instituto Nacional de Ecología. 197 pp.
- Godínez, A y P. Ortega. 2007. Mexican cactus diversity: Environmental correlates and conservation priorities. *Boletín de Sociedad Botánica de México*. 81: 81-87.

- Godínez, A. H., T. Valverde y P. Ortega. 2003. Demographic trends in the cactaceae. *The Botanical Review*. 69(2): 173-203.
- Gold, K., P. León-Lobos y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA No. 110. 62 p.
- Granados, D., R. López y J. J. Gama. 1998. Adaptaciones y estrategias de las plantas de zonas áridas. *Revista Chapingo Ciencias Forestales y del Ambiente*. 4(1):169-178.
- Granados, S. D., G. Sánchez, V. Granados y A. B. de la Rosa. 2011. Ecología de la vegetación del desierto chihuahuense. *Revista Chapingo Series Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17: 111-130.
- Granados, S. D., M. A. Hernández y G. F. López. 2012. Ecología de los desiertos del mundo. Universidad Autónoma Chapingo. Pág. 93.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México, CONABIO. México, D.F. 315 p.
- Guzmán, U., S. Arias, y P. Dávila. 2007. Catálogo de autoridades taxonómicas de las cactáceas (Cactaceae: Magnoliopsida) de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Base de datos SNIB-CONABIO, proyectos Q045 y AS021. México. 90 pp.

- Hernández, M. H y Godínez A. H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana*. 23: 33-52.
- Hernández, O. J., R. Martínez y E. Sánchez. 2007. Factores de riesgo en las Cactáceas amenazadas de una región semiárida en el sur del desierto Chihuahuense, México. *Revista de Ciencia y Tecnología de América*. 32(11): 728-734.
- Hunt, D. 2006. *The New Cactus Lexicon. Descriptions & Illustrations of The Cactus Family*. Compiles and edited by members or the International Cactaceae Systematic Group. England. 899 p.
- Jiménez, S. C. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria*. Vol. 12 (1): 1-23.
- Kiesling, R. 1975. Los géneros de cactáceas de Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 16 (3): 197-227.
- Kiesling, R. 2009. Las cactáceas y sus amenazas: otra perspectiva. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras suculentas*. 6(3): 1-4.
- Koleff, P. y T. Urquiza. 2011. *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). México. 250 pp.

- Lebgue, T. K., O. A. Viramontes, R. A. Soto, M. Quiñónez, S. Balderrama y Y. E. Aviña. 2011. Cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua, México. *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*. 5(1): 27-33.
- Ledezma, M., H. López, A. Guzmán y G. J. Alanís. 2001. Programa de rescate y manejo para la conservación de las cactáceas *Lophophora williamsii* (peyote), *Epithelantha micromeris* (biznaga chilito), así como los géneros *Echinocereus* spp., *Ferocactus* spp. y *Mammillaria* spp. (NOM-059- ecol.1994), en el área de construcción de la línea de transmisión eléctrica García Nuevo León y Ramos Arizpe Coahuila, de la Comisión Federal de Electricidad. Memorias del tercer Taller de Cactáceas en el Noreste de México. Del 23 al 25 de Agosto del 2001. Nuevo León, México. 52 pp.
- Loaiza, S. C., Z. H. Aguirre y O. Jadán. 2009. Estado del conocimiento de la familia Cactaceae en el Ecuador. *Boletín de la Sociedad Latinoamérica y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*. 6(3): 11-22.
- Luna, O. D., M. Espino, L. Luna y J. R. Pacheco. 2012. Caracterización de suelos en una localidad tipo que alberga cactáceas prioritarias para su conservación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4: 672-678.
- Miranda, F. y E. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. Vol. 28. Editorial Sociedad Botánica de México. 151pp.

- Mostacedo, B. y Fredericksen, S.T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 87 pp
- Nobel, P. S. 1998. Los Incomparables Agaves y Cactus. Ed. Trillas. México. 211 p.
- Oviedo R. M. 2003. Mantenimiento y propagación de cactáceas y crasuláceas para su conservación en el jardín botánico Instituto de Biología UNAM. Reporte final del Proyecto de Propagación de Cactáceas y Crasuláceas raras, amenazadas y en peligro de extinción (B.040.02). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Ciudad de México. 40 pp.
- Peel, M. C., B.L. Finlayson and T. A. McMahon. 2007. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. Hydrology and System Sciences. 11:1633-1644.
- Reyes, S. M. 2006. Cactáceas del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena, Chihuahua, México. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas. 42 pp.
- Ríha, J. y R. Subik. 1991. Enciclopedia de los Cactus. Checoslovaquia. Susaeta. Spektrum, Brno. 350 pp.
- Rivas, M. R. 1996. Cactáceas y suculentas del Jardín Botánico Lankester. Ed. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 88 pp.

- Robbins, C. S. 2003. Comercio Espinoso: Comercio y conservación de cactus en el Desierto Chihuahuense, por Christopher S. Robbins y Rolando Tenoch Bárcenas Luna. Washington D.C: Fondo Mundial para la Naturaleza. 123 pp.
- Rzendowski. J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 160-168 p.
- Salvador, A., U. Guzmán, M. C. Mandujano, M. Soto y J. Golubov. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción I: Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001 (México), La Lista Roja (UICN) y CITES. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 50(4): 100-126.
- Sánchez, H. J., T. Espinoza y M. A. González. 2010. La sociedad de cactáceas y suculentas mexicanas de Nuevo León. *Ciencia y Sociedad*. 13(3): 226-229.
- Sánchez, J., E. Estrada, M. Arias, G. Muro, M. García y L. García. 2014. Diversidad cactoflorística de la zona árida y semiárida de Durango, México. *Interciencia*. Vol. 39(11): 794-802.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 1999. Plan de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. Instituto Nacional de Ecología (INE). México, D.F. 166 pp.

- SEMARNAT. 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biósfera Mapimí. SEMARNAT-CONANP. México, D.F. 182 pp.
- SEMARNAT. 2010. 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. NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación. México. 77 pp.
- SEMARNAT. 2013a. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena. SEMARNAT- CONANP. México, D.F. 158 pp.
- SEMARNAT. 2013b. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen. SEMARNAT-CONANP. México, D.F. 156 pp.
- SEMARNAT. 2013c. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca. SEMARNAT-CONANP. México, D.F. 174 pp.
- SEMARNAT. 2015a. Plan de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo. SEMARNAT-CONABIO. México, D. F. 164 pp.
- SEMARNAT. 2015b. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Sierra La Mojonera. SEMARNAT-CONANP. México, D.F. 164 pp.

Taloneó, C. M., O. T. Valdés y M. Murguía. 2014. Las cactáceas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México: Estimación de la calidad del muestreo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 436-444.

Vázquez, S. M., T. Terrazas y S. Arias. 2012. El hábito y la forma de crecimiento en la tribu Cacteeae (Cactaceae, Cactoideae). *Botanical Sciences*. 90(2): 97-108.

Villavicencio, G. E., A. Gómez, M. A. Carranza, D. Castillo, S. Comparan, A. González y O. Mares. 2011. Cactáceas ornamentales del Desierto Chihuahuense de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, México. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*. Resumen 8(2): 9-12.

WWF (The World Wildlife Fund). 2005. Cosecha y comercio ilegal de cactus, amenazas crecientes para el Desierto Chihuahuense. *TRAFFIC Boletín de prensa*. Chihuahua, México.

WWF. 2012. Programa México: Desierto Chihuahuense.

Citas electrónicas:

<http://smn.cna.gob.mx/es/observando-el-tiempo/mapa-de-estaciones-meteorologicas-automaticas>

<http://www.inegi.org.mx/>

