

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN EN UNA
PORCIÓN DE LA SIERRA EL MASCARÓN, EN EL NORTE DE
ZACATECAS, MÉXICO**

POR:

EDUARDO ALBERTO LARA RAIMERS

TESIS PROFESIONAL

**Presentada como requisito parcial para
Obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN EN UNA
PORCIÓN DE LA SIERRA EL MASCARÓN, EN EL NORTE DE
ZACATECAS, MÉXICO

POR:

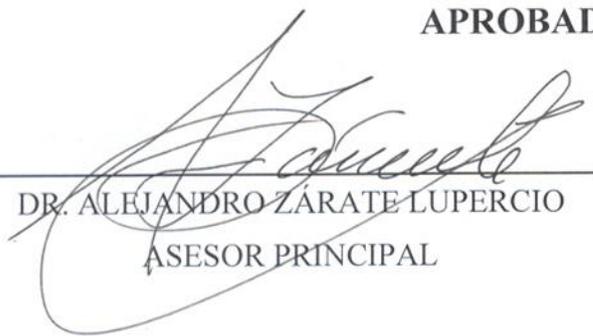
EDUARDO ALBERTO LARA RAIMERS

TESIS PROFESIONAL

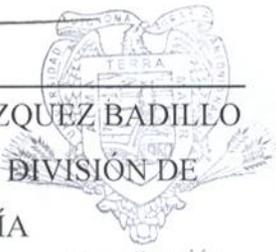
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:


DR. ALEJANDRO ZÁRATE LUPERICIO
ASESOR PRINCIPAL


DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
AGRONOMÍA


Coordinación
División de Agronomía

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DEL 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN EN UNA
PORCIÓN DE LA SIERRA EL MASCARÓN, EN EL NORTE DE
ZACATECAS, MÉXICO

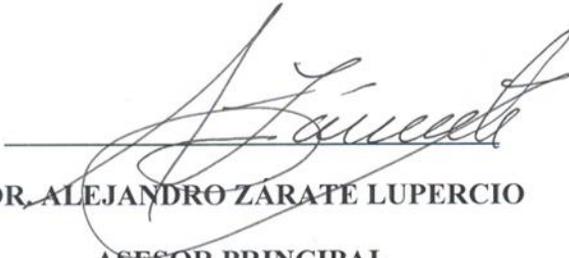
POR:

EDUARDO ALBERTO LARA RAIMERS

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

COMITÉ PARTICULAR



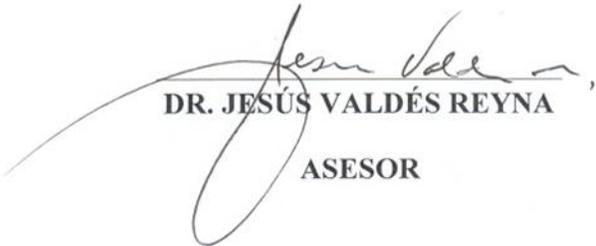
DR. ALEJANDRO ZARATE LUPERCIO

ASESOR PRINCIPAL



M.C. JUAN ANTONIO ENCINA DOMÍNGUEZ

ASESOR



DR. JESÚS VALDÉS REYNA

ASESOR

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DEL 2011

DEDICATORIA

A MI PAPÁ, por ser un ejemplo a seguir, por enseñarme todo lo que soy, de darme las ganas de seguir siempre a delante sin importar las adversidades que se me presentan. De buscar siempre la manera de realizar las cosas y ser emprendedor, de enseñarme la importancia y la humildad de cada trabajo.

A TI MAMÁ, por ser un ejemplo de amor, de lucha, de humildad, por tu cariño e infinito apoyo y sobre todo de por ser mi inspiración a todo lo que hago. No encuentro palabras para describir lo tanto que te amo y todo lo que representas para mí, simplemente no pude tener mejor mama.

Gracias a ustedes por permitirme existir, por darme la vida que ahora tengo, estoy eternamente agradecido por creer en mí, por apoyarme siempre y ser el aliento de mi alma que me permite buscar siempre ser mejor en mí y superarme día a día.

A MIS HERMANOS, Carlos Bernardo y David Jonathan, porque a pesar de este tiempo que estuve estudiando y que no pudimos estar juntos, siempre estuve pensando en ustedes. Espero poder siempre estar a su lado para poder guiarlos y verlos crecer. Quiero que sepan que los quiero como a nadie en este mundo y que ustedes son parte de aquello por lo que lucho en mi vida.

A USTEDES ABUELOS, TIOS, TIAS, PRIMOS, PRIMAS Y DEMAS, por su gran apoyo y preocupación, por todas esas comidas llenas de risa, diversión y alegría que me han permitido vivir a su lado, los cuales siempre llevo en mis recuerdos con tanta emoción y que me hacen recordarlos, los cuales hacen que me dan ganas de volver a verlos y estar con ustedes.

A MIS AMIGOS, Filiberto Martínez, Josafat Alvarado, Abraham de Santiago, Daniel Gómez, Omar Saucedo, Luis Flores, José Alvarado, Juan Zúñiga.

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma Mater*, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por brindarme el medio adecuado para mi desarrollo profesional y personal. Por ser mi hogar durante todos estos años y la cual me dio la oportunidad de expandir mis horizontes, de darme las herramientas necesarias con las cuales puedo construir mi vida y hacer mis sueños, de crear una familia con aquellos que aquí estudian, de darme un ejemplo de lo que es la vida y del respeto que se le tiene que tener a nuestro mundo.

A mis maestros del Departamento Forestal, por brindarme las herramientas para enfrentar la realidad laboral, por su apoyo y humildad para transmitir sus conocimientos y experiencias en pro de mi desarrollo como Ingeniero Forestal y principalmente por mostrar un verdadero compromiso con la enseñanza, ya que en este departamento pude ser aprendiz de varios profesores que tienen la vocación de la enseñanza y del verdadero estudio.

De manera especial al M.C. Juan A. Encina Domínguez, gracias por su apoyo en la elaboración y cuidadosa revisión del documento de tesis, por sus recomendaciones y consejos, por enseñarme la importancia de la lectura, pero por sobre todo por su confianza y amistad que me ha brindado.

Al Dr. Alejandro Zárate Lupercio, por su apoyo y atención a lo largo de mi última etapa como estudiante de la Universidad.

Al Dr. Jesús Valdés Reyna, por su apoyo para la revisión de este documento, así como por sus valiosos comentarios.

Al Dr. Eladio Cornejo Oviedo, por su invaluable amistad, apoyo y fe que dio en mi persona durante toda mi carrera, por sus consejos de no darme por vencido y siempre tratar de sobresalir sin desviarme del camino, en especial gracias por creer en mí.

Al Dr. Jorge Méndez González, por demostrarme su sinceridad y hablarme siempre con la verdad, y de ser un ejemplo a seguir como persona.

A la Lic. Silvia Mendoza, la cual me ayudo a forjar un mejor carácter, a creer en mí, gracias por sus consejos y valores que me han ayudado a desarrollarme como profesionista y más como persona, con lo cual me ha permitido entender que puedo obtener todo lo que me proponga y que es solo cuestión de quererlo.

A la Ing. Iris Gabriela Soto Moreno por su valiosa ayuda con la edición de la presente tesis.

Al compañero Alfredo Luckie Navarrete, por apoyarme en la elaboración de los mapas y prestarme un poco de su tiempo. Y también por ser un amigo del cual he aprendido mucho a lo largo de mi estancia en la universidad y de su amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
MATERIALES Y METODOS	4
ÁREA DE ESTUDIO	4
FISIOGRAFÍA	4
GEOLOGÍA	6
EDAFOLOGÍA	6
HIDROLOGÍA	7
CLIMA	7
COMUNIDADES VEGETALES	8
METODOLOGÍA	9
MUESTREO DE LA VEGETACIÓN	9
CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES DE LA SIERRA EL MASCARÓN.	10
CÁLCULOS DERIVADOS DE LA MEDICIÓN DE VEGETACIÓN.	11
ESTIMACIÓN DE LA DIVERSIDAD VEGETAL DE LAS COMUNIDADES VEGETALES	12
ÍNDICE DE SHANNON - WIENER	12
ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON	13
ÍNDICE DE EQUITATIVIDAD DE PIELOU	13
ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF	14
ANÁLISIS COMPARATIVO DE ATRIBUTOS Y LOGARITMOS PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER	14
RESULTADOS	16
COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	16
CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE LA SIERRA EL MASCARÓN.	16
ASPECTOS ESTRUCTURALES DE LAS ASOCIACIONES VEGETALES DE LA SIERRA EL MASCARÓN	18
I.- Matorral Desértico Chihuahuense	18

a) Matorral desértico rosetófilo.....	18
b) Matorral rosetófilo con matorral submontano.....	20
c) Matorral desértico micrófilo.....	22
d) Vegetación de arroyos.....	23
II.- Bosque de Pino.....	24
a) Bosque de pino con Matorral submontano.....	25
DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE LAS ASOCIACIONES VEGETALES DE LA SIERRA EL MASCARÓN.....	29
ESPECIES VEGETALES ENDÉMICAS Y EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN LA SIERRA EL MASCARÓN.....	31
DISCUSIÓN.....	32
COMPOSICIÓN DE ESPECIES.....	32
ASPECTOS ESTRUCTURALES DE LAS COMUNIDADES VEGETALES.....	33
DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE ESPECIES DE LAS COMUNIDADES VEGETALES.....	35
ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LAS ASOCIACIONES VEGETALES DE LA SIERRA EL MASCARÓN.....	37
EFECTO DEL DISTURBIO ANTROPOGÉNICO EN LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS COMUNIDADES VEGETALES.....	38
CONCLUSIONES.....	41
LITERATURA CITADA.....	43
ANEXOS.....	52
ANEXO 1.- LISTADO FLORÍSTICO DE LAS COMUNIDADES VEGETALES DE LA SIERRA EL MASCARÓN.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Ecuaciones para el cálculo de la diversidad utilizando logaritmo base 2 y logaritmo natural.	15
Cuadro 2.- Principales familias de plantas presentes en la sierra el mascarón.....	16
Cuadro 3.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbustivo en el matorral desértico rosetófilo.....	19
Cuadro 4.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbóreo y arbustivo en el matorral desértico rosetófilo con matorral submontano.	21
Cuadro 5.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbustivo en el matorral desértico micrófilo.	22
Cuadro 6.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbóreo y arbustivo en la vegetación de arroyos.....	24
Cuadro 7.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbóreo y arbustivo en el bosque de pino con matorral submontano.....	26
Cuadro 8.- Atributos estructurales de los renuevos del estrato arbóreo en el bosque de pinus pinceana.....	28
Cuadro 9.- Índices de diversidad del estrato arbustivo de las asociaciones vegetales de la sierra el mascarón utilizando \ln (nats) y \log_2 (bits).	30
Cuadro 10.- Diversidad alfa, índices de riqueza y dominancia del estrato arbustivo de las asociaciones vegetales de la sierra el mascarón.	31
Cuadro 11.- Especies de la sierra del mascarón bajo estatus de conservación incluidas en la nom-059-semarnat-2010.....	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio: sierra del mascarón, mazapil.....	5
Figura 2. Establecimiento y dimensiones de los sitios de muestreo.....	9
Figura 3. Agrupación de los sitios de muestreo ubicados en la sierra el mascarón.	17
Figura 4. Estructura diamétrica del bosque de pino piñonero de la sierra el mascarón.	28

RESUMEN

La sierra El Mascarón se localiza en el norte del estado de Zacatecas, México, la vegetación dominante es matorral xerófilo, sin embargo, en laderas altas de exposición norte crecen bosque de *Pinus pinceana*. Con la afinidad de conocer la estructura y diversidad de la vegetación del área del Ejido el Jagüey, al poniente del macizo montañoso, se establecieron de manera selectiva 28 sitios circulares de 100 m² para la medición de matorrales, en los bosques se ubicaron 21 parcelas de 1,000 m², además se registraron las herbáceas. Para evaluar la densidad de renuevos de árboles (plántulas e individuos ≤ 1.30 m de altura) se establecieron 17 sitios con 5 cuadrantes de 4 m² cada uno; las asociaciones vegetales se determinaron mediante un análisis de conglomerados, se calcularon los atributos básicos de la vegetación, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el índice de riqueza de Margalef y el índice de dominancia de Simpson. Se identificaron 23 familias, con 61 géneros distintos y 83 especies las más ricas son Asteraceae (14), Fabaceae (9), Poaceae (9) y Cactaceae (17); se delimitaron cinco asociaciones siendo: matorral rosetófilo, matorral rosetófilo con matorral submontano, matorral micrófilo, vegetación de arroyos y matorral rosetófilo con bosque de pino, las cuales se encuentran mezcladas entre sí, las especies dominantes son: *Agave lechuguilla*, *Agave scabra*, *Flourensia cernua*, *Larrea tridentata*, *Zaluzania augusta*, *Buddleja tomentella*, *Viguiera greggii* y *Pinus pinceana*; el bosque de *Pinus pinceana* tiene una densidad de 138 ind/ha, con un diámetro medio de 20 cm; los renuevos suman 706 ind/ha. La distribución del bosque se relacionó con la exposición y altitud. Por las condiciones áridas de la sierra El Mascarón el matorral rosetófilo y el matorral submontano son las asociaciones dominantes, ambos incluyen una elevada riqueza de cactáceas y de igual forma una elevada diversidad alfa en la flora de leñosas. Las comunidades vegetales muestran indicios de impacto antropogénico, lo cual se evidencia en los valores actuales de densidad y cobertura de la vegetación.

Palabras clave: asociación vegetal, densidad, matorral xerófilo, *Pinus pinceana*, provincias florísticas, impacto antropogénico.

INTRODUCCIÓN

Por la ubicación de México, en su territorio convergen comunidades vegetales de los reinos Holártico y Neotropical (Espinosa, et al., 2000). Con base a patrones de distribución y endemismo de la flora mexicana Rzedowski (1978) propuso un esquema de cuatro regiones (Pacífica Norteamericana, Mesoamericana de Montaña, Xerofítica Mexicana y Caribe) y 17 provincias florísticas, lo cual convierte a México en un área interesante para realizar trabajos biogeográficos utilizando diversos grupos florísticos, así como diferentes enfoques y escalas de estudio (Goldman y Moore, 1945; Luna et al., 1999; Morrone y Márquez, 2001).

La región Xerofítica Mexicana incluye grandes extensiones del norte y centro de la República Mexicana, caracterizadas por su clima árido y semiárido y vegetación de matorral xerófilo, abarcan cerca del 40% del territorio (Rzedowski, 1978), se observa en todo tipo de condiciones topográficas, mientras que el suelo, influye en la fisonomía y composición florística de las comunidades. La flora de éstos matorrales es rica en endemismos, a nivel local existe suficiente grado de similitud entre las floras de las diferentes zonas áridas, sin embargo, se presentan diferencias entre la región árida Sonorense y la Chihuahuense (Rzedowski, 1973). En el estado de Zacatecas convergen las provincias florísticas Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Altiplanicie y Costa Pacífica y de acuerdo con Rzedowski (1978) en su territorio se distinguen seis diferentes tipos de vegetación bosque espinoso, bosque tropical caducifolio, bosque de *Quercus*, bosque de coníferas, matorral xerófilo y pastizal.

Dentro de la región árida chihuahuense existen comunidades boscosas aisladas a través de las cimas montañosas y se distinguen amplias zonas de transición entre la vegetación arbórea y los matorrales (Henrickson y Johnston, 1983). En las zonas áridas de México los pinos piñoneros está conformado por *Pinus cembroides* Zucc., *P. monophylla* Torr. et Frém., *P. nelsonii* Shaw, *P. pinceana* Gordon, *P. quadrifolia* Parl. ex Sudw. y *P. remota* (Farjon et al., 1997). El pino piñonero liso (*Pinus pinceana*) es endémico de México, se distribuye en Coahuila, Zacatecas y San Luis Potosí, donde crece en altitudes de 1,500 a 2,300 m s.n.m., precipitación pluvial de 300 a 400 mm anuales, forma rodales abiertos, algunas veces en manchones pequeños, crece

asociado a *Pinus cembroides*, *P. nelsonii* y *Juniperus* sp. (Rzedowski, 1978). Está catalogada como especie sujeta a protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010), por tener poblaciones restringidas y en pequeños bosquecillos. Con base en estudios sobre la distribución de los bosques de *P. pinceana* la Sierra El Mascarón pertenece a la región norte de su área de distribución (Villarreal et al, 2009). En la sierra El Mascarón se distribuyen bosques de *Pinus pinceana* y *P. cembroides*, ésta comunidad, a pesar de que no tiene una buena capacidad productiva de madera, aporta beneficios a los poblados aledaños a través de materiales y servicios ambientales que tienen impacto directo e indirecto en su estructura. De ellas se obtienen semillas comestibles, leña, postes, madera para construcción, árboles de navidad, resina, además de ser hábitat para la fauna silvestre.

En la sierra Mascarón la superficie de las comunidades vegetales se ha reducido en los últimos años y algunas especies se encuentran en estatus de conservación debido a perturbaciones antropogénicas. Por ello se requieren estudios estructurales, florísticos, así como del estado sucesional en el que se encuentran y determinar con precisión los factores que han propiciado la estructura actual de la vegetación. Lo anterior enfocado a las decisiones y acciones para garantizar su conservación. El interés por promover y llevar a cabo estudios florísticos se ha incrementado en los últimos años, esto se debe, en gran medida, a la importancia que tiene el conocimiento de la biodiversidad en el contexto de su conservación y aprovechamiento racional (Cabrera y Gómez, 2005; Villaseñor, 1991).

Las zonas áridas y semiáridas de México merecen su conservación, no por ser las más diversas, sino porque son el centro de origen y evolución de grupos de plantas, además presentan un alto grado de endemismos, esto debido a las condiciones climáticas (Rzedowski, 2005). Entre los grupos de plantas más importantes de estas áreas destacan las cactáceas y las agavaceas, las cuales presentan la mayor cantidad de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Arias (1993) considera que los principales factores que afectan las poblaciones de cactáceas de México son la sobrecolecta de ejemplares para su comercio ilegal en el mercado internacional, asimismo, la destrucción y modificación del hábitat, su lento crecimiento y difícil regeneración. Por lo anterior Knapp *et al*, (2001) consideran que para

conservar de manera eficaz la diversidad vegetal de un área, es necesario realizar estudios florísticos, los cuales dan información precisa sobre las especies de las comunidades vegetales de un área, así como su autoecología, estos estudios son importantes para aplicar técnicas de conservación que garanticen el aprovechamiento sustentable de los recursos biológicos presentes en determinada área.

Zacatecas es uno de los estados con más bajo índice de colección botánica y con mayor rezago en cuanto al conocimiento de su flora (Dávila y Sosa, 1994), por lo que es conveniente intensificar los estudios para conocer su riqueza vegetal. El deterioro que se ha ocasionado a la vegetación en los últimos años es más evidente, de allí la necesidad de revertir esta problemática promoviendo políticas de conservación de la biodiversidad y desarrollo sostenible de los recursos naturales. Este trabajo constituye una aportación al conocimiento de la flora y la vegetación de la Sierra el Mascarón y servirá de base para futuros estudios sobre las bosques de *Pinus pinceana* y de los matorrales xerófilos en el norte del país. El presente estudio pretende aportar datos sobre aspectos de estructura y composición de las comunidades vegetales presentes en la sierra El Mascarón y con ello implementar programas de manejo y conservación para la protección de las especies que ahí se presentan.

OBJETIVO

Determinar la estructura, diversidad vegetal y aspectos ecológicos de las comunidades vegetales presentes en la porción oeste de la sierra El Mascarón, ubicada en el municipio de Melchor Ocampo, Zacatecas.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Se localiza en la extremo oeste de la sierra El Mascarón, entre la Sierra de las Bocas y Sierra Zuloaga (Anónimo, 1983) en el norte de Zacatecas, en los límites de los municipios de Melchor Ocampo y Mazapil, en las coordenadas: 24°40'48.1" – 24°42'24.9" Norte y 101°39'27.5" – 101°41'18.6" Oeste (ver figura 1). En su entorno geográfico se ubica a 3.5 km al sur de la comunidad conocida como El Jagüey y a 3.20 km al oeste de la localidad y mineral de Nochebuena. La cabecera municipal de Melchor Ocampo se encuentra a una distancia de 14.25 km en línea recta hacia el Noreste respecto al predio, Mazapil a 14 km al Noroeste, el área urbana más cercana es Concepción del Oro a 27.592 km. Siguiendo el trazo de la Terracería, las Localidades más cercanas son: Cedros (15 km al Suroeste), Novillos (13.366 km al Este), entronque a la carretera a Melchor Ocampo y Terminal de Providencia (25.8 km al Este).

Fisiografía

Pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, la cual corre en sentido paralelo a la Costa del Golfo de México desde la frontera norte del país hasta sus límites con el Eje Neovolcánico en la cercanía de Teziutlán, Puebla. La Sierra Madre Oriental es un conjunto de sierras menores de estratos plegados. Estos estratos son de antiguas rocas sedimentarias marinas (cretácicas y del jurásico superior) entre las que predominan las calizas, areniscas y arcillosas, éstas últimas en forma menos abundante. En general las altitudes de las cumbres oscilan entre los 2,000 y 3,000 m (Anónimo, 1983). El lugar de estudio se encuentra dentro de la subprovincia Sierras Transversales al norte del estado de Zacatecas, tiene una extensión de 11,386.09 km² lo que significa el 14.71% de la superficie total de la entidad y abarca los municipios de Concepción del Oro, Melchor Ocampo, El Salvador y parte de Mazapil (Anónimo, 1983). La subprovincia Sierras Transversales se extiende desde las sierras arqueadas de Arteaga con dirección Oeste hasta encontrarse con la Sierra Madre Occidental, integradora de la franja norte en el estado de Zacatecas (Anónimo. 1981).

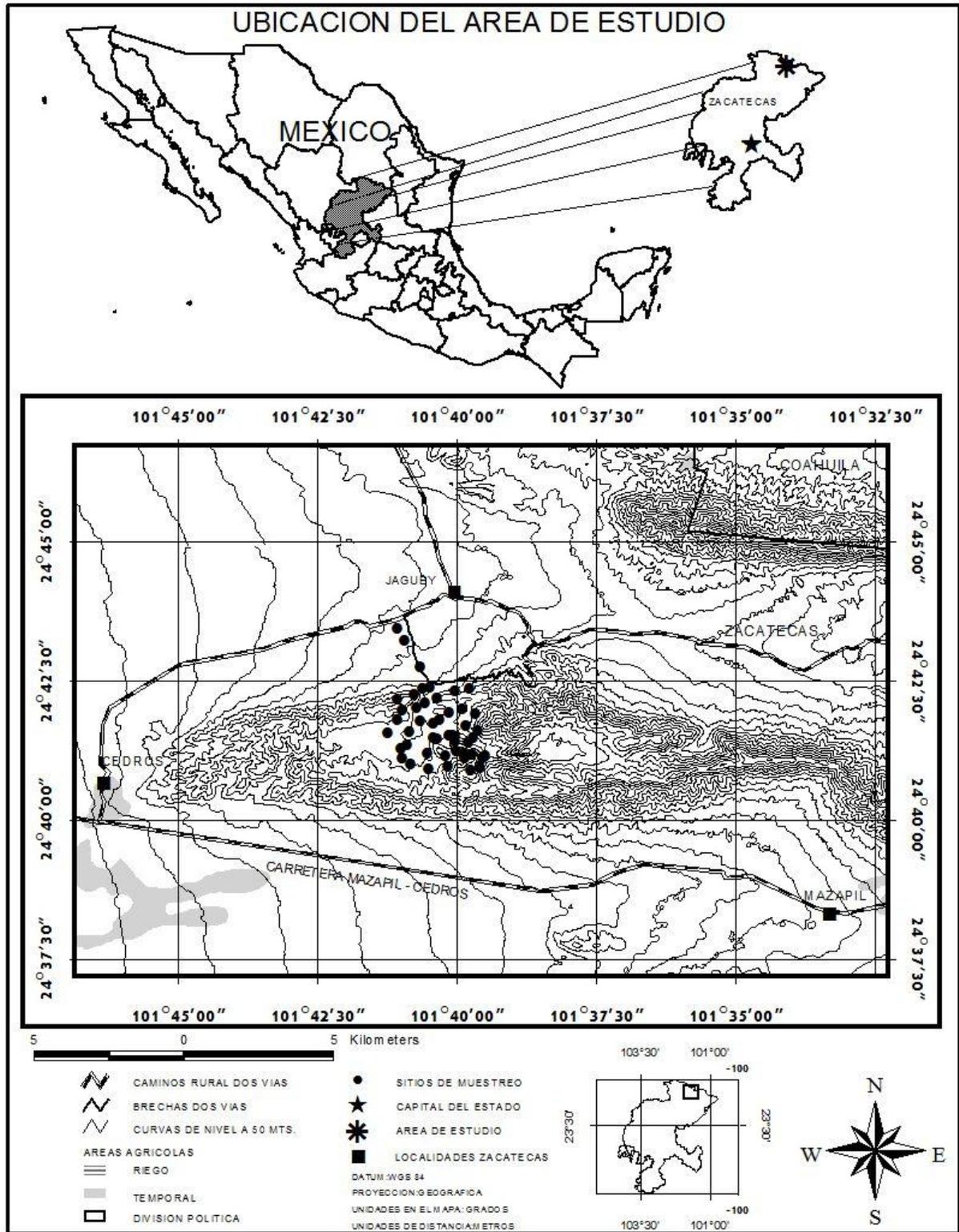


Figura 1. Ubicación del área de estudio: Sierra del Mascarón, Mazapil.

Geología

El territorio del estado de Zacatecas se reparte en tres provincias morfotectónicas: meseta central, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental (Ferrusquia, 1998). Esta división corresponde en grandes rasgos con la propuesta por el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática que divide la superficie de la entidad en las provincias fisiográficas Eje Neovolcánico, Mesa del Centro, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental. El núcleo está formado por rocas metamórficas y sedimentarias marinas de edad jurásica, que en conjunto forman montañas y sierras. Estos cuerpos fueron cubiertos de manera discordante por sedimentos continentales del Terciario, que a su vez quedaron ocultos en la mayor parte de la provincia bajo depósitos aluviales del Cuaternario y sobre los cuales yacen estructuras lávicas más jóvenes. Los afloramientos más antiguos en esta provincia corresponden a cuerpos de rocas de edad pre-triásica localizados al noroeste de Zacatecas. La provincia se caracteriza por sus amplias llanuras interrumpidas por sierras dispersas. Las llanuras se encuentran entre los 2,000 y 2,200 m s.n.m. las sierras alcanzan hasta una altitud de 2,980 m en su punto más alto (Anónimo, 1981).

Edafología

Los suelos pertenecen al cuaternario: aluviones; al Cretácico superior: duranino, calizas color claro y gris oscuro laminado; al inferior: berreniano, huateridiano; al jurásico superior: kill Oxford y rocas extrusivas; del terciario: derrames, riolitas, tobas, ocasionales y andesitas. Su suelo es de color castaño y arcillo-arenoso, típico del desierto. Los principales suelos presentes en el área de estudio son los xerosoles, los cuales son muy secos, estos se presentan principalmente donde está la vegetación de matorrales y pastizales. Aquí se pueden distinguir por su color claro y porque tiene muy poca capa de humus orgánico. Existen también manchones de suelo Litosol, estos suelos se identifican por ser suelos muy poco desarrollados y muy pobres. Los suelos en esta subprovincia son en su mayoría de origen residual y en menor proporción coluvio aluvial, se caracterizan porque en la mayoría de los casos presentan fases salinas, por lo que su fertilidad es baja y su uso es limitado (INEGI, 1981). En el área se presenta una fase química fuertemente salina para el tipo de suelo fluvisol calcárico, esta fase ocurre cuando el suelo tiene mayor nivel de salinidad. En estas condiciones el desarrollo de los

cultivos es impedido o muy limitado. Este suelo se presenta hacia el valle con una superficie de 43.797 ha.

Hidrología

La zona del proyecto se encuentra dentro del acuífero Cedros con clave: 3218, este acuífero forma parte de los bolsones de las Sierras Transversales y su principal característica es que presenta rocas con diferentes niveles de permeabilidad. Generalmente el área de estudio presenta rocas sedimentarias marinas calizas y areniscas del Cretácico medio e inferior, con una permeabilidad localizada alta. El agua es clasificada “muy dura”, debido a la presencia de concentraciones mayores a los 200 ppm (Anónimo. 1981). Estos valores son elevados debido al tipo de rocas presentes, las cuales principalmente son calizas con carbonatos de calcio, además de otras rocas y sedimentos que aportan iones de calcio y magnesio. Hacia el área del Jagüey este valor es de 940.8 ppm. Hacia el lado este y oeste se presentan aprovechamientos con altas concentraciones.

Clima

Basados en el sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1987) en el área de estudio prevalece el clima de tipo BS₁hw (semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C., lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual), el cual tiene lluvias en verano y bajo porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2 mm, se ubica en la región noreste; distribuyéndose en forma dispersa abarcando los municipios de Melchor Ocampo, Mazapil y Concepción del Oro (Anónimo. 1981). El terreno es en general plano y la elevación prevaleciente es de 1,920 m.s.n.m. las condiciones climáticas de la región nos indica baja precipitación, la ocurrencia errática de la misma. La precipitación media anual está entre 300 y 450 mm anuales. El clima presenta variaciones diarias, donde las temperaturas son muy extremas y la rápida acción del viento se conjunta para que exista una rápida infiltración del agua de lluvia e igual forma una evaporación del agua que quedo en la superficie de la vegetación.

Las variaciones diarias y estacionales de temperatura hacen posibles que el número de heladas al año se encuentre de 20 a 60; lo errático de la precipitación crea condiciones difíciles para la vida de las plantas especialmente las anuales. Las temperaturas más altas se presentan en los meses de verano (mayo, junio, julio, agosto y septiembre) siendo la temperatura promedio mensual mayor a 16⁰ C. La temperatura media anual registrada es de 13.43°C, las temperaturas más altas ocurren en los meses de Mayo hasta Agosto 16.9 a 17.5°C (temperatura media) respectivamente, donde se logran alcanzar máximas superiores a los 29°C. Por el contrario las temperaturas bajas se presentan durante el periodo invernal entre los meses de Noviembre a Febrero, con temperaturas medias de 8.5 a 10.67°C, y mínimas de hasta 3°C.

Comunidades vegetales

La zona de estudio pertenece al Reino Neotropical, Región Xerofítica Mexicana de la Provincia Altiplanicie. En el área dominan arbustos de tipo xéricos, perennes y elementos herbáceos efímeros, donde las variaciones en las características edáficas y topográficas, son las causantes en la determinación de las asociaciones vegetales (Rzedowski, 1978). La vegetación de la región está integrada principalmente por Matorral Desértico Chihuahuense a través de las comunidades de Matorral micrófilo y Matorral rosetófilo (Anónimo, 1983), donde las principales especies son: gobernadora (*Larrea tridentata*), hojansen (*Flourensia cernua*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), ocotillo (*Fouquieria splendens*) con baja densidad de mezquite (*Prosopis glandulosa*). En las laderas de la sierra con abundante pedregosidad se presenta el Matorral Rosetófilo el cual está representado por lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y palma samandoca (*Yucca carnerosana*) y maguey cenizo (*Agave scabra*) (González, 2001). En las partes altas de las sierras en exposición norte se presentan Bosques de pino, el cual se compone de las especies: *Pinus pinceana* y *Pinus cembroides*.

METODOLOGÍA

Muestreo de la vegetación

Se establecieron 21 parcelas de muestreo circulares de 1,000 m² en el extremo poniente de la Sierra El Mascaron y ubicadas en un gradiente altitudinal en donde se encontraba el bosque de *Pinus pinceana*. Para la medición de la vegetación se utilizó el método de parcela (ver figura 2) (Muller - Dombois y ElleMBERG, 1974) donde se midió el diámetro a 1.30 m y altura media para las especies arbóreas. En el caso del estrato arbustivo se levantaron 28 parcelas circulares de 100 m² donde se midió la cobertura y altura media de cada especie. En el sitio de 1,000 m² se midieron los arboles adultos (individuos con diámetro a 1.30 m de altura > 5 cm) y juveniles (con diámetro a 1.30 m de altura ≤ 5 cm y de >1.30 m de altura), además se registraron todas las especies herbáceas. Para evaluar la densidad de renuevos de las especies arbóreas (plántulas e individuos ≤ 1.30 m de altura) se establecieron en total 17 sitios de muestreo, en cada sitio se hicieron 5 cuadrantes de 4 m² (uno al centro y cuatro en los puntos cardinales de cada sitio de muestreo de 1,000 m²) (Olvera *et al.*, 1996; Figueroa y Olvera, 2000). El área donde se cuantificaron los renuevos fue de 340 m². La vigorosidad del arbolado fue calificada de forma cualitativa, considerando el color y densidad de su follaje, clasificándose en vigoroso y afectado (se anotaron los daños y causas observados en los arboles).

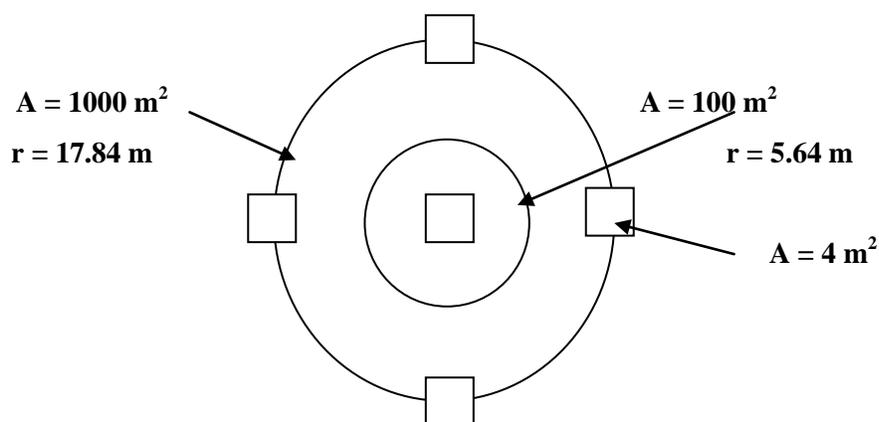


Figura 2. Establecimiento y dimensiones de los sitios de muestreo.

Se recolectaron muestras botánicas que posteriormente se herborizaron e identificaron en el herbario ANSM (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). En cada sitio se registró la altitud (tomada con un altímetro), pendiente, profundidad del suelo (barrena de 1.5 m) y exposición topográfica (tomada con una brújula). Asimismo se evaluó la pedregosidad de manera cualitativa, donde se clasificó según la observación en poca o escaso, media y alta.

Se calcularon los atributos de la vegetación y con la suma de los valores relativos se obtuvo el índice de dominancia relativa por especie (Muller - Dombois y Ellenberg, 1974). La estructura horizontal cuantitativa se analiza en términos del área basal y de la densidad de árboles en las categorías mayores a 5 cm de diámetro normal. Para cuantificar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef (Magurran, 1988). Por su parte para el cálculo de la diversidad alfa de especies se utilizó el índice de diversidad de Shannon y Wiener (Magurran, 1988). Para el cálculo de dominancia se utilizó el índice de dominancia de Simpson y el índice de equitatividad de Pielou (Moreno, 2001). La estimación de la diversidad se basó en la densidad y frecuencia relativa de las especies. Las comunidades vegetales del área se clasificaron de acuerdo con los criterios de Henrickson y Johnston (1983) y Villarreal y Valdés (1992-93).

Clasificación de las comunidades vegetales de la sierra El Mascarón.

Para determinar las asociaciones vegetales presentes en la sierra El Mascarón, se utilizó el análisis de conglomerados a través del método de Ward (varianza mínima) (1963), mediante la técnica de Clasificación Jerárquica Polietética Aglomerativa (Digby and Kempton, 1987; Manly, 1986; Estrada 1998) y el programa estadístico SAS versión 6.04 (Anónimo, 1985). Para obtener la clasificación de la vegetación se utilizó el índice de similitud de Motyka (Cox, 1999), definido como:

$$M = 2c/(a + b) \times 100,$$

Donde:

c = valor más bajo de densidad de las especies en común en dos sitios diferentes

a = valor de densidad total de las especies en el sitio A

b = valor de densidad total de las especies en el sitio B

Con los datos de densidad relativa de 54 especies diferentes, se preparó una matriz de similitud-disimilitud para los 40 sitios. La matriz de disimilitud de distancias sirvió como base para efectuar el análisis de conglomerados (Cluster Analysis).

Cálculos derivados de la medición de vegetación.

El manejo de los datos obtenidos en el sumario de los datos de muestreo del cuadrante, como producto de la medición de la vegetación leñosa y herbácea se fundamenta Muller - Dombois y Ellenberg (1974). Con la información recabada durante el muestreo del estrato leñoso se calcularán los atributos de la vegetación, tales como la densidad, dominancia y frecuencia de las especies dentro de la vegetación del área de estudio, y de esta manera obtener el Índice de Dominancia Relativa (en lo sucesivo IDR) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Para el cálculo de los atributos de la vegetación se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad por especie}}{\text{Densidad de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{Área cubierta o área basal}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie} \times 100}{\text{Dominancia total de todas las especies}}$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Número de parcelas con la especie}}{\text{Número total de parcelas}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie} \times 100}{\text{Suma de la frecuencia de todas las especies}}$$

Finalmente, se obtiene el índice de dominancia relativa por especie con la sumatoria de los valores relativos de cada uno de los atributos ecológicos.

$$\text{Índice de dom. relativa} = \frac{\text{Dens. rel.} + \text{Dom. rel.} + \text{Frec. rel.}}{3}$$

Estimación de la diversidad vegetal de las comunidades vegetales

La diversidad vegetal y equitatividad será estimada con el índice de Shannon - Wiener, Simpson, Margalef, Pielou, para lo cual se utilizarán los listados florísticos, así como los valores de densidad y frecuencia de las especies que integran las comunidades vegetales del área. El índice de Shannon es de los más utilizados para cuantificar la diversidad vegetal en ecosistemas (Magurran, 1988). De acuerdo con los valores de diversidad actual y diversidad máxima, obtenidos para cada una de las comunidades vegetales, se estimó la equitatividad, siendo esta un cociente de ambos valores de diversidad, expresada en porcentaje.

Índice de Shannon - Wiener

El índice de Shannon - Wiener tiene una gran aceptación en el medio académico como un indicador de la diversidad, debido a que toma en cuenta no solamente el número de especies diferentes, sino, además, sus proporciones relativas y, por tanto, de mucho mayor confiabilidad que el listado simple de las especies (Moreno, 2001). Las fórmulas de cálculo son las siguientes:

$$I.S. = - \sum P_i \ln (P_i)$$

Dónde:

I.S. = Índice de Shannon obtenido (diversidad actual)

P_i = F_{ri} / F_r

F_{ri} = Frecuencia de la especie i

F = Sumatoria de todas las frecuencias de todas las especies observadas

Índice de dominancia de Simpson

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

$$D = \sum \left(\frac{n(n-1)}{N(N-1)} \right)$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Lande, 1996).

Índice de Equitatividad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, su valor va de 0 a 1 este último corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988). Para fines prácticos los valores de este índice se transformaron a porcentajes (Moreno, 2001).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde $H'_{max} = \log_2(S)$

Índice de riqueza de Margalef

Este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra, supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1988).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde:

S= número de especies registradas

N= número total de individuos de todas las especies

El índice de equitatividad es una medida de la distribución de las proporciones relativas de las especies, a medida que dicho índice se acerque al valor de 100%, se interpreta que las especies ocurren con valores muy cercanos o iguales entre sí. Por el contrario, a medida que tienden a cero, indicará que una especie o pocas especies ocurren con mucha mayor frecuencia que las restantes.

Análisis comparativo de atributos y logaritmos para el índice de diversidad de Shannon-Wiener

Para el cálculo de la diversidad de Shannon- Wiener del estrato arbustivo de las diferentes asociaciones, se utilizaron dos de los atributos de la vegetación (Densidad relativa y Frecuencia relativa), así como dos de los logaritmos (Logaritmo base 2 y Logaritmo natural), ver cuadro 1. El índice de equitatividad es una medida de la distribución de las proporciones relativas de las especies. Los valores cercanos al 100% se interpretan que todas las especies ocurren con igual frecuencia y tienen valores de abundancia muy cercanos o iguales entre sí. Para observar y comparar la variación de los valores al utilizar los atributos mencionados anteriormente.

Cuadro 1.- Ecuaciones para el cálculo de la diversidad utilizando Logaritmo base 2 y Logaritmo natural.

Logaritmo utilizado	Frecuencia Relativa	Equitatividad	Densidad Relativa	Equitatividad
Logaritmo base 2	$I.S. = - \sum P_i (\text{Log}_2) (P_i)$	$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$ $H'_{max} = \text{Log}_2 S$	$I.S. = - \sum P_i (\text{Log}_2) (P_i)$	$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$ $H'_{max} = \text{Log}_2 S$
Logaritmo natural	$I.S. = - \sum P_i (\text{Ln}) (P_i)$	$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$ $H'_{max} = \text{Ln } S$	$I.S. = - \sum P_i (\text{Ln}) (P_i)$	$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$ $H'_{max} = \text{Ln } S$

RESULTADOS

Composición florística

La flora reportada en las comunidades vegetales del área está integrada por 83 especies de las cuales los componentes principales corresponden a las familias: Cactaceae con 17 especies, Asteraceae con 14 especies, Poaceae con 9 y Fabaceae con 9 (cuadro 2). En el Anexo 1 se presenta un listado de especies con distribución en la sierra del Mascarón, el cual proviene de colectas de ejemplares en campo durante los muestreos de la vegetación, así como de la revisión bibliográfica y del herbario ANSM de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cuadro 2.- Principales familias de plantas presentes en la Sierra El Mascarón.

Familias	Géneros	Especies
Asteraceae	12	14
Cactaceae	8	17
Poaceae	7	9
Fabaceae	7	9

Clasificación de las comunidades de la sierra el Mascarón.

Con la información de la densidad de 54 especies registradas en los 40 sitios muestreados se produjo una matriz, la cual se utilizó para determinar el análisis de conglomerados aplicando la técnica de Ward (clasificación jerárquica). El análisis de conglomerados permitió diferenciar cinco grandes grupos de sitios o asociaciones vegetales a una similitud del 75%, estos toman como base la proporción de árboles y arbustos (Figura 3) y se definen por la dominancia de una o más especies, más que por la combinación particular de varias. En general, cada asociación está dominada por especies como *Agave lechuguilla*, *Agave scabra*, *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Buddleja tomentella*, *Viguiera greggii*, *Lindleya mespiloides* y *Pinus pinceana*.

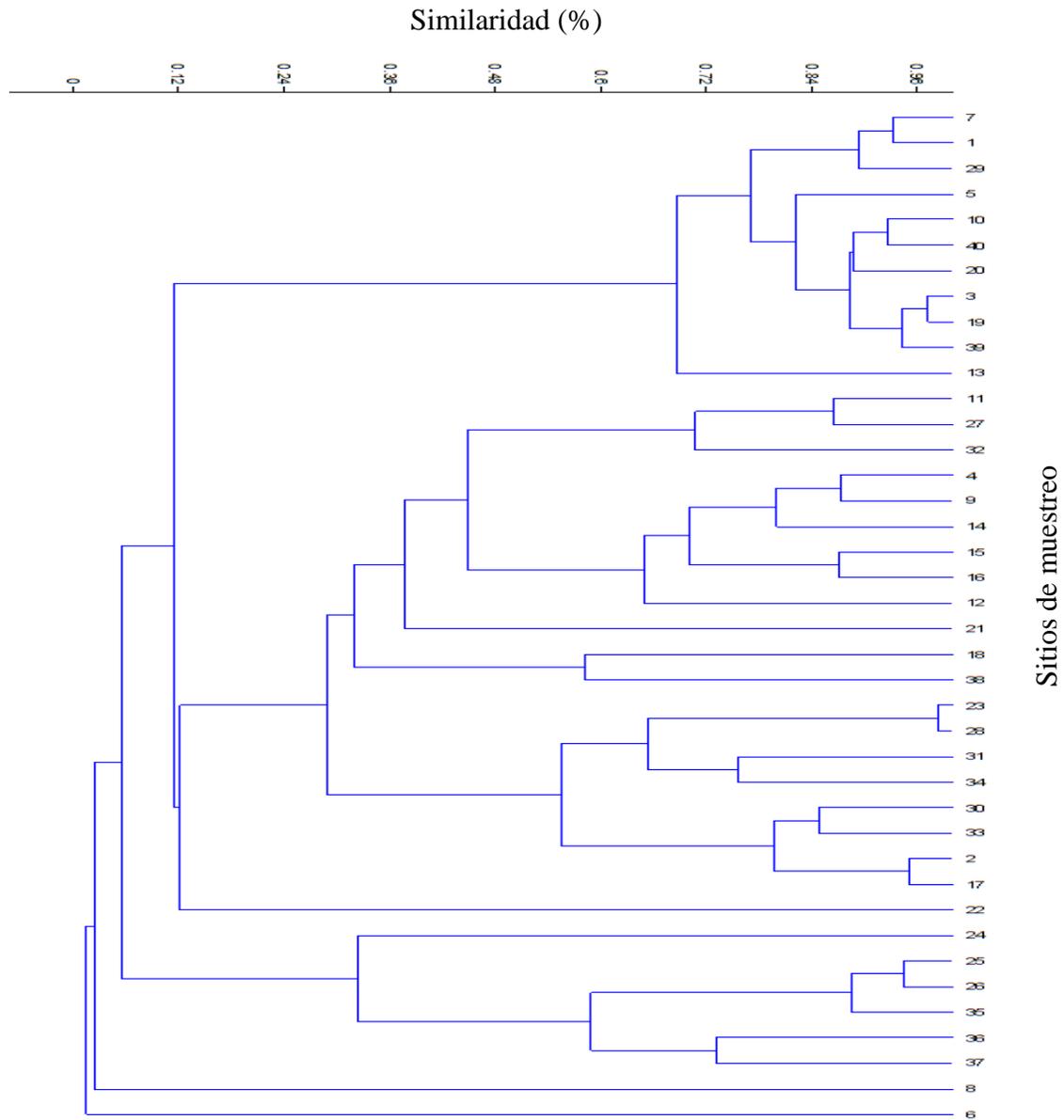


Figura 3. Agrupación de los sitios de muestreo ubicados en la sierra El Mascarón.

Para el grupo 1 (Matorral rosetófilo) corresponden 11 sitios (7, 1, 29, 5, 10, 40, 20, 3, 19, 39 y 13); para el grupo 2 (Matorral rosetófilo con matorral submontano) comprende 12 sitios (11, 27, 32, 4, 9, 14, 15, 16, 12, 21, 18 y 38), para el grupo 3 (Bosque de pino con matorral submontano) incluye 9 sitios (23, 28, 31, 34, 30, 33, 2, 17 y 22), para el grupo 4 (Matorral micrófilo) corresponden 6 sitios (24, 25, 26, 35, 36, 27) finalmente el grupo 5 (Vegetación de arroyos) se integra por 2 sitios (6,8).

Los matorrales estudiados forman parte de la región Xerofítica Mexicana. Este tipo de vegetación xerófila incluye grandes extensiones del norte y del centro del país caracterizadas por su clima árido y semiárido abarcando la mitad de la superficie de nuestra área de estudio. Se reconocen las comunidades de Matorral Rosetófilo, Matorral Micrófilo, Matorral Submontano, Vegetación de arroyos y Bosque de Pino Piñonero, los cuales se describen a continuación.

Aspectos estructurales de las asociaciones vegetales de la sierra El Mascarón

I.- Matorral Desértico Chihuahuense.

El matorral desértico chihuahuense incluye las comunidades de matorral rosetófilo, matorral micrófilo y vegetación de arroyos. Los factores edáficos (profundidad del suelo), topográficos y la humedad disponible, influyen en la densidad y la altura de esta vegetación, lo cual origina variadas asociaciones vegetales. Se trata de un matorral xerófilo el cual presenta variaciones en cuanto a sus componentes. En los valles domina la gobernadora (*Larrea tridentata*) y hojasén (*Flourensia cernua*) los cuales forman un estrato de 1.5 m, mientras que en las laderas con mayor radiación solar y suelos de tipo litosol se presenta el matorral rosetófilo, dominado por lechuguilla (*Agave lechuguilla*), mientras que en sitios de mayor altitud domina el maguey cenizo (*Agave scabra*). Debido a las variaciones del microrrelieve ocurren amplias zonas transicionales entre las comunidades del matorral rosetófilo y matorral micrófilo, así como entre el matorral rosetófilo y el matorral submontano, las cuales se describen a continuación.

a) Matorral desértico rosetófilo.

Esta comunidad se presenta en laderas con mayor radiación solar y en los lados más expuestos de cañones, donde los suelos son someros, pedregosos, con buenas condiciones de drenaje y derivados de rocas calizas. Las especies dominantes son arbustos bajos que presentan hojas agrupadas en forma de roseta, espinosos y perennifolios, las cuales tienen una altura de 0.36 a 1.19 m. La especie dominante es la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), la cual tiene una densidad de 8,418 ind/ha y un IDR de 24.74% (ver cuadro 3). Otras especies frecuentes son la gobernadora (*Larrea tridentata*) y sangre de drago (*Jatropha dioica*) ambas con una densidad

de 1,936 ind/ha y un IDR de 12.55%. Debido a una mayor cobertura el ocotillo (*Fouquieria splendens*), presenta una dominancia de 15.01% y un IDR de 7.04% muy sobresaliente en el paisaje del matorral. Las especies conocidas como candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) y maguey cenizo (*Agave scabra*), tienen baja densidad y se presentan en colonias esparcidas. De manera aislada se presenta un estrato arborescente dominado por la palma samandoca (*Yucca carnerosana*), el cual presenta una densidad de 91 ind/ha y altura media de 2.30 m. Como parte de esta comunidad se presenta una riqueza alta de especies de la familia Cactaceae, las más frecuentes son: biznaga (*Neolloydia conoidea*), biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus*), biznaga chilitos (*Mammillaria chionocephala*) y biznaga huevo de toro (*Echinocereus pectinatus*). El estrato herbáceo está integrado por especies perennes que crecen a una altura de 10 a 15 cm, las principales especies son el zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) y zacate navajita (*Bouteloua gracilis*). Otras especies poco frecuentes son: *Muhlenbergia emersleyi*, *Erioneuron avenaceum* y *Senna demissa* especies que presentan índices de dominancia bajos.

Cuadro 3.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbustivo en el Matorral desértico rosetófilo.

ESPECIES ARBUSTIVAS						
Especie	Altura Media (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frecc. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
<i>Agave lechuguilla</i>	52.87	12.793	8,418	52.435	9.016	24.748
<i>Fouquieria splendens</i>	151.83	15.012	191	1.189	4.918	7.040
<i>Larrea tridentata</i>	119.00	13.723	418	2.605	3.279	6.535
<i>Jatropha dioica</i>	36.50	2.056	1,518	9.456	6.557	6.023
<i>Acacia farnesiana</i>	140.00	8.575	145	0.906	4.098	4.527
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	40.80	1.874	1,136	7.078	4.098	4.350
<i>Salvia coulteri</i>	95.16	5.597	336	2.095	4.918	4.203
<i>Agave scabra</i>	43.20	1.523	700	4.360	4.918	3.600
<i>Acacia neovernicosa</i>	111.33	6.698	227	1.416	2.459	3.524
<i>Opuntia stenopetala</i>	42.83	3.793	245	1.529	4.918	3.413
<i>Parthenium incanum</i>	72.25	3.450	500	3.114	3.279	3.281
<i>Dasylyrion cedrosanum</i>	128.80	3.625	173	1.076	4.098	2.933
<i>Neolloydia conoidea</i>	12.25	0.100	582	3.624	3.279	2.334
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	69.00	0.184	36	0.227	3.279	1.230
<i>Yucca carnerosana</i>	230.00	0.816	91	0.566	2.459	1.280
<i>Mammillaria chionocephala</i>	5.00	0.003	18	0.113	1.639	0.585
<i>Echinocereus pectinatus</i>	15.00	0.007	27	0.170	0.820	0.332

ESPECIES ARBUSTIVAS						
Especie	Altura Media (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frecc. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
Otras especies (20)	2122.75	20.987	1,382	8.607	34.426	21.340

* Índice de Dominancia Relativa (I.D.R.) = Dens. rel. + Área basal rel. + Frec. rel. / 3.

b) Matorral rosetófilo con matorral submontano

Una variante del matorral rosetófilo es el dominado por el maguey cenizo (*Agave scabra*), la cual tiene una densidad de 3,242 ind/ha y un IDR de 16.718% (ver cuadro 4). Este matorral se presenta en sitios con mayor altitud, por lo cual el matorral rosetófilo se mezcla con el matorral submontano. Entre las especies más frecuentes destacan la barreta china (*Lindleya mespiloides*) con una densidad de 483 ind/ha y un IDR de 6.756% y el nopal serrano (*Opuntia stenopetala*) con un IDR de 6.279%. Otras especies frecuentes y que son propias del matorral submontano son la salvia (*Salvia coluteri*) y el afinador (*Mortonia palmeri*), las cuales tienen densidades inferiores a los 1000 ind/ha. Sobresalen de manera aislada individuos de palma samandoca (*Yucca carnerosana*) con una densidad de 317 ind/ha.

Como parte del estrato subarbusivo se presenta una riqueza alta de especies de la familia Cactaceae, la más abundante es la biznaguita (*Neolloydia conoidea*) con una densidad de 900 ind/ha, otras especies poco frecuentes son: biznaga colorada (*Ferocactus pilosus*), biznaga chilitos (*Mammillaria chionocephala*), chaute (*Ariocarpus retusus*), biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus*), biznaga huevo de toro (*Echinocereus pectinatus*) y biznaga (*Mammillaria pottsii*), las cuales tienen una densidad inferior a 50 ind/ha.

Como parte del estrato arbóreo se presentan individuos aislados de pino liso (*Pinus pinceana*), los árboles tienen una altura y diámetro medio de 4.01 m y 23 cm respectivamente, tal especie presenta una densidad de 93 ind/ha y un IDR de 100% (ver cuadro 4).

Cuadro 4.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbóreo y arbustivo en el Matorral desértico rosetófilo con Matorral submontano.

ESPECIES ARBÓREAS							
Especie	Altura Media (m)	Diam. Medio (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
<i>Pinus pinceana</i>	4.014	23	100	93	100	100	100
Total			100	93	100	100	100
ESPECIES ARBUSTIVAS							
Especie	Altura Media (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*	
<i>Agave scabra</i>	46.63	11.342	3,242	30.178	8.633	16.718	
<i>Lindleya mespiloides</i>	165.42	10.733	483	4.5	5.036	6.756	
<i>Opuntia stenopetala</i>	34	7.862	483	4.5	6.475	6.279	
<i>Acacia neovernicosa</i>	127.8	10.363	258	2.405	3.597	5.455	
<i>Salvia coluteri</i>	79	4.641	508	4.732	5.755	5.043	
<i>Dasylyrion cedrosanum</i>	166.14	5.923	308	2.87	5.036	4.61	
<i>Jatropha dioica</i>	42.14	1.402	725	6.749	5.036	4.396	
<i>Mortonia palmeri</i>	165	9.557	225	2.095	1.439	4.364	
<i>Yucca carnerosana</i>	156.28	4.102	317	2.948	5.036	4.029	
<i>Neolloydia conoidea</i>	11.66	0.097	950	8.844	2.158	3.7	
<i>Parthenium incanum</i>	79.4	2.707	350	3.258	3.597	3.187	
<i>Larrea tridentata</i>	103.5	4.981	325	3.026	1.439	3.149	
<i>Flourensia cernua</i>	92	3.523	325	3.026	2.158	2.902	
<i>Condalia spathulata</i>	143.6	3.483	133	1.241	3.597	2.774	
<i>Dalea bicolor</i>	90.5	1.247	258	2.405	2.878	2.177	
<i>Ferocactus pilosus</i>	70	0.059	33	0.31	2.158	0.843	
<i>Mammillaria chionocephala</i>	4	0.003	33	0.31	1.439	0.584	
<i>Ariocarpus retusus</i>	2	0.007	50	0.465	0.719	0.397	
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	54	0.084	17	0.155	0.719	0.32	
<i>Echinocereus pectinatus</i>	17	0.003	8	0.078	0.719	0.267	
<i>Mammillaria pottsii</i>	5	0.001	8	0.078	0.719	0.266	
Otras especies (24)	1655.1	82.12	9,041	84.174	68.345	78.213	

* Índice de Dominancia Relativa (I.D.R.) = Dens. rel. + Área basal rel. + Frec. rel. / 3.

c) Matorral desértico micrófilo

Esta comunidad se localiza en los valles, laderas bajas de las montañas, abanicos aluviales y llanuras que bordean las sierras y lomeríos de pendiente ligera, con suelos profundos y poco pedregosos. Está integrado por especies arbustivas con folíolos pequeños de tipo inerme y algunas espinosas, las especies dominantes presentan una altura de 0.73 a 1.58 m; donde se acumula la humedad se forma un matorral con mayor densidad y altura, mientras que en áreas impactadas la comunidad es abierta, por lo que los arbustos tienen una menor cobertura. El matorral está dominado por la gobernadora (*Larrea tridentata*) con una densidad de 2,833 ind/ha y un IDR de 30.17% de manera codominante se presenta el hojaseñ (*Flourensia cernua*) con una densidad de 2,383 ind/ha y un IDR de 26.58% (ver cuadro 5), tales especies se asocian con la mariola (*Parthenium incanum*) y el coyonoxtle (*Opuntia imbricata*), las cuales tienen menor densidad. De manera aislada se presentan: *Gymnosperma glutinosum*, *Brickellia laciniata* y *Leucophyllum minus*, las cuales tienen una densidad de 1,050 ind/ha. En esta comunidad vegetal, las especies de la familia Cactaceae más comunes son: *Mammillaria heyderi* y *Echinocereus pectinatus* (cuadro 5). A medida que aumenta la pendiente del terreno y el suelo (litosol), la gobernadora (*Larrea tridentata*) disminuye su abundancia y se incrementa la densidad de la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), así como de especies cactáceas.

Cuadro 5.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbustivo en el Matorral desértico micrófilo.

ESPECIES ARBUSTIVAS						
Especie	Altura Media (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
<i>Larrea tridentata</i>	158.50	40.103	2,833	33.268	17.143	30.171
<i>Flourensia cernua</i>	136.00	34.627	2,383	27.984	17.143	26.585
<i>Parthenium incanum</i>	73.00	6.974	1,667	19.569	14.286	13.610
<i>Opuntia imbricata</i>	146.80	4.780	233	2.740	14.286	7.268
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	83.00	2.054	533	6.262	5.714	4.677
<i>Opuntia phaeacantha</i>	97.00	0.923	133	1.566	11.429	4.639
<i>Opuntia rastrera</i>	46.50	4.460	150	1.761	5.714	3.978

ESPECIES ARBUSTIVAS						
Especie	Altura Media (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
<i>Brickellia laciniata</i>	209.00	5.983	484	5.675	5.714	5.791
<i>Mammillaria heyderi</i>	5.00	0.006	50	0.587	2.857	1.150
<i>Leucophyllum minus</i>	60.00	0.090	33	0.391	2.857	1.113
<i>Echinocereus pectinatus</i>	10.00	0.001	17	0.196	2.857	1.018
Total		100	8,517	100	100	100

* Índice de Dominancia Relativa (I.D.R.) = Dens. rel. + Área basal rel. + Frec. rel. / 3.

d) Vegetación de arroyos.

Ubicadas al pie de monte, pie de sierra o en los valles se encuentran los márgenes de las corrientes intermitentes, en ellos se presenta un incremento en la cobertura de la vegetación debido a la mayor disponibilidad de humedad y profundidad del suelo. En época de lluvias el agua transporta el suelo de las partes más altas de las sierras y este es depositado en dichos márgenes. En estas áreas se presenta un estrato arbustivo de 1.70 a 3.80 m, está conformado por especies que requieren de estas condiciones de humedad para su desarrollo, las especies dominantes son: la zaluzania (*Zaluzania augusta*) con una densidad de 1,150 ind/ha y un IDR de 29.35% (ver cuadro 6), son también importantes el correosillo (*Rhus microphylla*) con una densidad de 250 ind/ha y el tepozán (*Buddleja tomentella*) con una densidad de 350 ind/ha, de manera aislada y en menor proporción se presenta el agrito (*Berberis pinifolia*) y el nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*). El estrato arbóreo es abierto, el cual está integrado por arboles aislados de 4.0 a 6.0 m de alto, tales como el tepozán (*Buddleja tomentella*) y el mimbre (*Chilopsis linearis*), estas especies se presentan de manera aislada a través del cauce de los arroyos principales. Por lo que forman comunidades densas dominadas por arbustos y algunos individuos de porte arbóreo, las especies arbustivas poseen alturas de 2 a 3 m y siendo en este caso las más representativas con este tipo de vegetación: *Zaluzania augusta*, *Buddleja tomentella* y *Rhus microphylla*; las especies arbóreas tienen alturas de 3 a 5 m, las más frecuentes son el *Chilopsis linearis*, *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana*.

Cuadro 6.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbóreo y arbustivo en la Vegetación de arroyos.

ESPECIES ARBÓREAS							
Especie	Altura Media (m)	Diam. Medio (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
<i>Buddleja tomentella</i>	4.65	30	49.073	4	66.667	50	55.246
<i>Chilopsis linearis</i>	6.6	50	50.927	2	33.333	50	44.754
Total			100	5	100	100	100

ESPECIES ARBUSTIVAS						
Especie	Altura Media (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
<i>Zaluzania augusta</i>	170	36.383	1,150	42.593	9.091	29.355
<i>Rhus microphylla</i>	380	20.589	250	9.259	9.091	12.98
<i>Buddleja tomentella</i>	170	16.712	350	12.963	9.091	12.922
<i>Berberis pinifolia</i>	320	13.653	150	5.556	18.182	12.463
<i>Opuntia leucotricha</i>	170	8.416	350	12.963	9.091	10.157
<i>Larrea tridentata</i>	85	1.607	150	5.556	18.182	8.448
<i>Opuntia lindheimeri</i>	42	0.484	150	5.556	9.091	5.043
<i>Salvia coluteri</i>	90	1.721	100	3.704	9.091	4.838
<i>Opuntia imbricata</i>	160	0.436	50	1.852	9.091	3.793
Total		100	2,700	100	100	100

* Índice de Dominancia Relativa (I.D.R.) = Dens. rel. + Área basal rel. + Frec. rel. / 3.

II.- Bosque de Pino

Se presenta en las partes más altas de la sierra donde el clima es templado semiseco y subhúmedo, son abundantes las laderas, donde los suelos son someros, de color oscuro con abundante materia orgánica y pedregosidad. En los sitios con escurrimientos intermitentes o en el fondo de los cañones se forma una vegetación densa. El bosque está dominado por el pino liso (*Pinus pinceana*) y con menor densidad se presenta el pino piñonero (*Pinus cembroides*). Se trata de un bosque abierto, donde los árboles son bajos.

Los bosques de pino piñonero desempeñan una función importante en el ciclo hidrológico, al evitar la erosión, favorece la infiltración del agua y restablecer los mantos acuíferos, además de ser hábitat para la fauna silvestre; su importancia maderera es mínima, pero la semilla es comestible y de alto valor económico, constituye el 90% de la cosecha de piñones en la República Mexicana. Dentro de este las laderas donde se encuentra el macizo montañoso, los bosques son utilizados para ganadería extensiva, extracción de tierra de monte, recolecta de leña, tala de arbolado para construcción y cosecha de piñones. En cambio, la zona con mayor densidad de pinos está situada en las partes altas o de altitudes superiores y zonas de exposición norte, aunque es una especie de zonas áridas y de suelos pobres, este pino busca los ambientes húmedos y con menor influencia de la aridez. La distribución del matorral submontano con el bosque de pino se presenta en las laderas de exposición sur, por lo general se caracteriza porque son zonas con el dosel más abiertos y permiten una mayor cantidad de radiación solar a nivel de los estratos inferiores, lo que contribuye a una gran diversidad y abundancia de especies anuales, pero esto solo se observa en las temporadas de lluvias.

a) Bosque de pino con Matorral submontano.

En sitios con exposición norte o noroeste, donde se tiene mayor humedad, se presenta una variante de bosque de pino, el cual está integrado por el pino liso (*Pinus pinceana*), los árboles tienen una altura y diámetro medio de 2.78 m y 21 cm respectivamente, tal especie presenta una densidad de 138 ind/ha y un IDR de 78.73% (ver cuadro 7), de manera codominante se presenta el pino piñonero (*Pinus cembroides*), los árboles tienen una altura media de 3.30 m y un diámetro normal de 21 cm, este no superan los 5 m de altura y es el que tiene más baja densidad en el lugar. La regeneración de estas especies de pino es escasa, la cual está integrada por plántulas con alturas de 0.40 a 0.80 cm, las cuales se presentan bajo el dosel de los árboles donde el suelo presenta mayor cantidad de materia orgánica.

Como parte del estrato arbustivo abundan especies propias del Matorral submontano y en menor proporción del Matorral rosetófilo, el cual está dominado por arbustos con alturas de 0.46 a 1.54 m, donde la escalerilla plateada (*Viguiera greggii*) tiene una densidad de 2,078 ind/ha y un IDR de 20.47% (ver cuadro 7) de manera codominante se presenta la barreta china

(*Lindleya mespiloides*) con una densidad de 533 ind/ha y un IDR de 12.30% (ver cuadro 7). Otras especies frecuentes son: *Opuntia stenopetala*, *Rhus virens* y *Agave scabra* las cuales de forma conjunta tienen una densidad de 1,789 ind/ha y un IDR de 25.62 %. De manera aislada se presenta el sotol (*Dasyilirion cedrosanum*) y la charrasquillo (*Quercus pringlei*) y colonias de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*). Las cactáceas más frecuentes dentro de esta comunidad son: *Mammillaria chionocephala* y *Ferocactus pilosus*.

En algunas áreas de exposición sur y sureste de la sierra, se presentan bosques abiertos de pino liso (*Pinus pinceana*), el bosque se ubica en transición con el matorral rosetófilo, donde el estrato arbustivo está integrado por la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y nopal serrano (*Opuntia stenopetala*).

Cuadro 7.- Atributos estructurales de las especies dominantes del estrato arbóreo y arbustivo en el Bosque de pino con Matorral submontano.

ESPECIES ARBÓREAS							
Especie	Altura Media (m)	Diam. Medio (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
<i>Pinus pinceana</i>	278.999	21	81.115	138	86.911	68.182	78.7358
<i>Pinus cembroides</i>	330.041	21	18.885	21	13.089	31.818	21.2642
Total			100	159	100	100	100

ESPECIES ARBUSTIVAS							
Especie	Altura Media (m)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*	
<i>Viguiera greggii</i>	94.33	18.139	2,078	32.578	10.714	20.477	
<i>Lindleya mespiloides</i>	148.55	17.845	533	8.362	10.714	12.307	
<i>Opuntia stenopetala</i>	46.11	7.211	644	10.105	10.714	9.343	
<i>Rhus virens</i>	154.33	16.434	189	2.962	7.143	8.846	
<i>Agave scabra</i>	31.6	1.376	956	14.983	5.952	7.437	
<i>Agave striata</i>	45	5.015	578	9.059	4.762	6.279	
<i>Cercocarpus fothersgilloides</i>	134.66	6.617	189	2.962	7.143	5.574	

ESPECIES ARBUSTIVAS						
Especie	Altura Media (m)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec. Rel. (%)	I.D.R. (%)*
<i>Dasyliirion cedrosanum</i>	139.16	5.199	244	3.833	7.143	5.391
<i>Pinus pinceana</i>	117.33	2.832	178	2.787	7.143	4.254
<i>Fraxinus greggii</i>	112	4.384	233	3.659	1.19	3.078
<i>Quercus pringlei</i>	116.66	2.368	144	2.265	3.571	2.735
<i>Yucca carnerosana</i>	134	1.526	67	1.045	4.762	2.444
<i>Opuntia microdasys</i>	35	5.968	11	0.174	1.19	2.444
<i>Pinus cembroides</i>	165	0.95	33	0.523	2.381	1.285
<i>Ephedra aspera</i>	85	0.521	44	0.697	2.381	1.2
<i>Mortonia palmeri</i>	130	1.346	56	0.871	1.19	1.136
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	145	1.51	44	0.697	1.19	1.132
<i>Mammillaria chionocephala</i>	2	0.005	56	0.871	2.381	1.086
<i>Echinocereus stramineus</i>	19.5	0.056	22	0.348	2.381	0.929
<i>Dalea bicolor</i>	42	0.149	33	0.523	1.19	0.621
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	160	0.376	11	0.174	1.19	0.58
<i>Hesperaloe funifera</i>	62	0.082	11	0.174	1.19	0.482
<i>Jatropha dioica</i>	30	0.06	11	0.174	1.19	0.475
<i>Ferocactus pilosus</i>	37	0.031	11	0.174	1.19	0.465
Total		100	6,378	100	100	100

* Índice de Dominancia Relativa (I.D.R.) = Dens. rel. + Área basal rel. + Frec. rel. / 3.

El estrato arbóreo presenta una densidad total de 159 ind/ha (Cuadro 7). El número de individuos con diámetros mayores es drásticamente menor en comparación con los correspondientes a otras categorías diamétricas (Figura 4). Estas últimas varían desde 5 hasta 45 cm (Figura 4), la mayor cantidad de árboles se registra en la de 20 cm, seguida por la correspondiente a la clase de 15 cm, ambas están dominadas por individuos de *Pinus pinceana*. Por su parte *Pinus cembroides* es escaso tiene densidades de 0.5 hasta 3.5 ind/ha. La clase de

menor densidad (2.5 ind/ha) es la de 45 cm y está constituida por las dos especies de pino, de igual forma que en el resto de las categorías diamétricas.

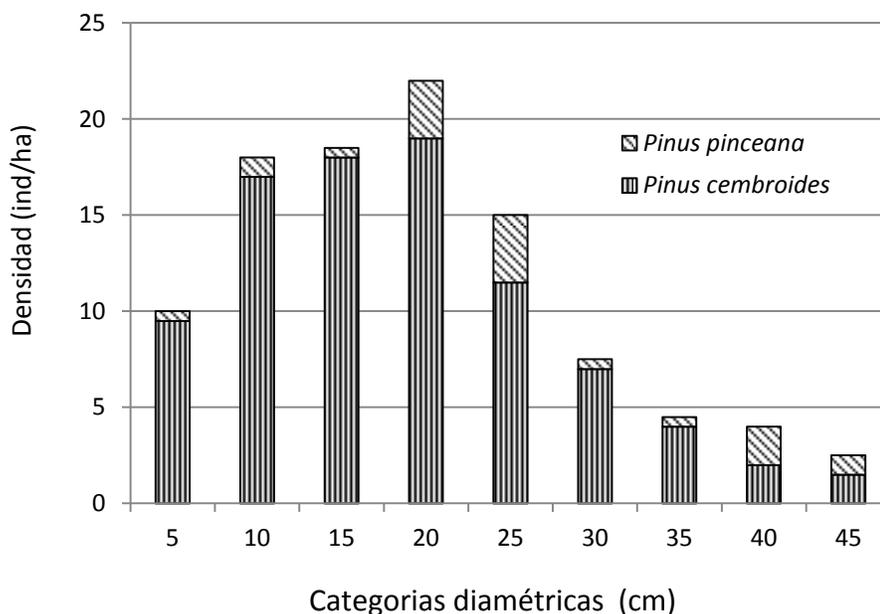


Figura 4. Estructura diamétrica del bosque de pino piñonero de la sierra El Mascarón.

El total de renuevos para la especie dominante de pino, siendo el pino liso (*Pinus pincea*) presenta una densidad total de 705 ind/ha (ver cuadro 8) los cuales tienen una altura media de 30 cm de altura con una cobertura aérea de 36.08 cm², el bosque está constituido por individuos maduros y juveniles. No se observaron plántulas de las dos especies de pino (renuevos menores a menores de 15 cm).

Cuadro 8.- Atributos estructurales de los renuevos del estrato arbóreo en el bosque de *Pinus pincea*.

Especie	Cobertura total (cm ²)	Altura promedio (cm)	Densidad (ind/ha)
<i>Pinus pincea</i>	36.08	30.10	706

Los renuevos de *Pinus cembroides* son escasos y se encuentran esparcidos a través del bosque. En esta comunidad el estrato arbustivo es denso en las partes bajas y disminuye en las más altas, al igual que en las laderas con exposición Sur, la pedregosidad es de media alta, el suelo por lo general es escaso, las pendientes son pronunciadas donde son > 40%, el bosque es más

denso en la exposición norte y noroeste, mientras que en exposiciones de mayor radiación solar la densidad disminuye y ahí el bosque es más abierto. Existen bosques donde el arbolado es afectado por la sequía y heladas, estos daños son evidentes por las ramas secas y un tono verde amarillento, existen pequeños manchones de árboles maduros muertos en pie debido a sequia fuerte o plaga, aquí los renuevos son escasos, en algunos bosques ubicados en laderas bajas se advierten rastros de incendios (obs. pers.). La cantidad de conos observada fue baja, no se encontró semilla en buenas condiciones en el suelo, existe depredación de semillas por roedores, además de ganado doméstico como bovinos y equinos.

Diversidad y riqueza de las asociaciones vegetales de la sierra el Mascarón

Al realizar el cálculo del índice de diversidad utilizando logaritmo base 2 (Log_2) y considerando el atributo de frecuencia relativa, los datos que se obtienen sobrestiman la diversidad de las asociaciones vegetales, ya que los valores obtenidos con este índice son altos y superiores a 3 bits (3.10 a 4.89) (ver cuadro 9), las comunidades más diversas son: Matorral rosetófilo (4.89 bits), Bosque de pino con Matorral submontano (4.15 bits), mientras que al utilizar el atributo de la densidad relativa los índices de diversidad son del orden de 2.46 hasta 3.42 bits de esta forma, la comunidad más diversa es el Matorral rosetófilo con Matorral submontano (3.42 bits).

Por su parte al realizar el cálculo del índice de diversidad con logaritmo natural (Ln) y considerando el atributo de frecuencia relativa, los datos que se obtienen con este índice oscilan entre 2.15 a 3.52 nats (ver cuadro 9), las comunidades más diversas son: Matorral rosetófilo con Matorral submontano (3.52 nats), Matorral rosetófilo (3.39 nats), mientras que al utilizar el atributo de la densidad relativa los índices de diversidad son del orden de 1.71 hasta 2.83 nats, de esta forma, la comunidad más diversa es el Matorral rosetófilo con Matorral submontano (2.83 nats).

En los valores más bajos en el índice de diversidad de especies se encuentran las asociaciones de Matorral micrófilo y Vegetación de arroyos las cuales considerando el logaritmo natural y el atributo de la densidad relativa esta tiene valores de 1.71 a 1.79 nats.

Con respecto a la equitatividad presenta marcadas diferencias al utilizar los atributos de frecuencia y densidad, así, al utilizar los datos de frecuencia tiene valores más altos y oscilan entre 72.90 hasta 97.66%, mientras que al utilizar la densidad relativa son menores y presentan valores de 56.76 hasta 81.52%.

Cuadro 9.- Índices de diversidad del estrato arbustivo de las asociaciones vegetales de la Sierra el Mascarón utilizando Ln (nats) y Log₂ (bits).

Asociación vegetal	Logaritmo	Índice de diversidad ^(*)	Equitatividad	Índice de diversidad ^(**)	Equitatividad
Matorral rosetófilo	Ln	3.39	94.59	2.03	56.76
	Log ₂	4.89	94.59	2.93	56.76
Matorral rosetófilo con Matorral submontano	Ln	3.52	92.49	2.83	74.22
	Log ₂	4.00	72.90	3.42	62.20
Bosque de pino con Matorral Submontano	Ln	2.88	90.61	2.28	71.62
	Log ₂	4.15	90.61	3.28	71.62
Matorral micrófilo	Ln	2.24	90.29	1.71	68.75
	Log ₂	3.24	90.29	2.46	68.75
Vegetación de arroyos	Ln	2.15	97.66	1.79	81.52
	Log ₂	3.10	97.66	2.58	81.52

* Para su cálculo se utilizó frecuencia relativa

** Para su cálculo se utilizó densidad relativa

De las asociaciones presentes en la sierra El Mascarón el Matorral rosetófilo con matorral submontano es la comunidad con la mayor diversidad Alfa, siendo esta de 45 especies (ver cuadro 10), de esta forma es la que tiene el mayor índice de riqueza con un valor de 6.144, sin embargo, el índice de dominancia resulta ser el más bajo siendo este de 0.189. Le sigue en importancia la asociación del Matorral rosetófilo un índice de riqueza de 4.681 y una riqueza de 36 especies, sin embargo, el índice de dominancia es el más bajo, siendo este de 0.094

Cuadro 10.- Diversidad alfa, Índices de riqueza y dominancia del estrato arbustivo de las asociaciones vegetales de la sierra El Mascarón.

Asociación vegetal	Diversidad Alfa	Índice de riqueza (Margalef)	Índice de dominancia (Simpson)
Matorral rosetófilo	36	4.681	0.094
Matorral rosetófilo con matorral submontano	45	6.144	0.189
Bosque de pino con matorral submontano	24	3.621	0.262
Matorral micrófilo	11	1.764	0.357
Vegetación de arroyos	9	2.006	0.505

Especies vegetales endémicas y en peligro de extinción en la Sierra El Mascarón

Durante los muestreos y recorridos de campo se observó una alta riqueza de especies de la familia Cactaceae, algunas de estas se encuentran bajo algún estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece el listado de especies y subespecies de la flora silvestre terrestre y acuática en peligro de extinción (P), sujetas a protección especial (Pr) y amenazadas (A). Es importante mencionar que durante dichos muestreos se obtuvo información cuantitativa de tres especies de cactáceas, listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo estatus de conservación y consideradas de lento crecimiento y difícil regeneración (ver cuadro 11).

Cuadro 11.- Especies de la Sierra del Mascarón bajo estatus de conservación incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Familia	Nombre científico	Estatus de conservación
CACTACEAE	<i>Ariocarpus retusus</i>	Sujeta a protección especial
	<i>Coryphantha delicata</i>	Sujeta a protección especial
	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Sujeta a protección especial
	<i>Ferocactus pilosus</i>	Sujeta a protección especial
PINACEAE	<i>Pinus pinceana</i>	Sujeta a protección especial

DISCUSIÓN

Composición de especies.

El área de estudio es un punto de convergencia entre dos provincias fisiográficas: la provincia de la Altiplanicie Mexicana y la provincia de la Sierra Madre Oriental, por lo tanto se encuentran especies de ambas provincias fisiográficas; así, la gobernadora (*Larrea tridentata*) y la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) son especies características de la provincia de la Altiplanicie Mexicana (Rzedowski, 1978) y el pino piñonero (*Pinus cembroides*) y el pino liso (*Pinus pinceana*) son característicos de la provincia Sierra Madre Oriental (Arce y Marroquin, 1985).

En el área se identificaron 61 géneros y 83 especies agrupadas en 23 familias. De acuerdo con el catálogo preliminar de la flora vascular de Zacatecas compilado por Villaseñor (1999), el cual consta de 141 familias, 698 géneros y 1,942 especies, esto significa que de la riqueza florística encontrada en el área estudiada representa en 4.27% en especies, 8.73% géneros y 16.31% familias. Las familias mejor representadas son: Asteraceae, Fabaceae, Cactaceae y Poaceae, la dominancia florística concuerda con lo observado por Rzedowski (1978), quien las menciona como las más numerosas en la flora del matorral xerófilo de México; además es similar a lo reportado por Villarreal (2001) para la Flora de Coahuila, donde enmarca tales familias como las más numerosas, lo que muestra la gran similitud florística de esta sierra con la flora de Coahuila, ya que ambas áreas se ubican en la provincia fisiográfica de la Altiplanicie Mexicana y en la provincia biótica del desierto Chihuahuense. La flora de la región de la Sierra El Mascarón está en general ligada a las zonas áridas de México, las cuales se localizan en la provincia fisiográfica denominada Altiplano Mexicano, donde las comunidades vegetales, según Rzedowski (1978) están dominadas por arbustos bajos, espinosos e inermes, adaptados fisiológica y morfológicamente para soportar los climas secos y semicálidos que dominan en la provincia.

El bosque de pino piñonero, el cual también ha sido llamado como bosque de coníferas (Rzedowski, 1978) o bosque aciculifolio (COTECOCA, 1974), está representado por agrupaciones con dominancia fisionómica de pino liso (*Pinus pinceana*), la cual es una especie que forma comunidades boscosas asociada con el pino piñonero (*Pinus cembroides*), donde las

densidades de estos son bajas. El bosque de *Pinus cembroides*, es una comunidad característica de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (Constante, et al., 2009.), donde puede formar bosques puros, la mayoría de las veces se asocia con arbustos de tipo esclerófilo (Arce y Marroquín, 1985).

Dentro de la composición de especies de la sierra El Mascarón, se registraron varias especies importantes que están protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2001, como *Ariocarpus retusus*, *Echinocactus platyacanthus*, *Ferocactus pilosus* y *Pinus pinceana* (Semarnat, 2010) especies que son frecuentes en el área de estudio, además de *Acacia glandulifera*. Con relación a las especies endémicas solo se observó una especie, se trata del arbusto colmillo de víbora (*Acacia glandulifera*), especie considerada endémica del sur de Coahuila y el norte de Zacatecas, según Villarreal y Encina (2005). Además Villarreal *et al.* (2009) menciona que el pino liso (*Pinus pinceana*), es una conífera endémica de México y tiene distribución en la Sierra El Mascarón. Estos son argumentos suficientes para buscar la protección de esta área, ya que en el estado de Zacatecas no se reportan Áreas naturales protegidas, así como tampoco se listan Regiones terrestres prioritarias (Flores y Gerez, 1994).

Aspectos estructurales de las comunidades vegetales

El área estudiada pertenece a la provincia florística del Altiplano Mexicano (Rzedowski, 1978), donde la vegetación dominante es el Matorral Desértico Chihuahuense (Henrickson y Johnston, 1983; Villarreal y Valdés, 1992-93), a través de las comunidades de matorral rosetófilo, matorral micrófilo y vegetación de arroyos. También están presentes asociaciones como el matorral submontano y bosque de pino, las cuales se mezclan con el matorral rosetófilo.

El matorral rosetófilo es la vegetación con mayor distribución en el área, debido a que las condiciones ecológicas como laderas con mayor radiación solar, suelos someros y con buen drenaje (Rzedowski, 1978). Forma matorrales bajos con alturas entre 30 y 60 cm, donde la especie dominante es *Agave lechuguilla* y algunas otras especies de Agavaceas, ésta comunidad concuerda con la descripción de Villarreal y Valdés (1992-93) para la vegetación de Coahuila, donde describen al matorral rosetófilo como una comunidad integrada en su mayoría

por *Agave lechuguilla* y especies con hojas en forma de roseta como *Yucca* y *Hechtia*. Tal como lo menciona Marroquín *et al.* (1981) en su estudio de las zonas áridas del norte de México, el matorral rosetófilo alberga una gran riqueza de especies de la familia Cactaceae, lo anterior se corrobora en este estudio, ya que se encontraron 17 especies, concuerda con las observaciones de Brailovsky y Hernández (2010) quienes consideran la región de Mazapil, Zacatecas como un área de elevada riqueza de cactáceas, de las cuales algunas de ellas se encuentran bajo algún estatus de protección.

El matorral micrófilo es el tipo de vegetación que ocupa menor superficie en el área, se distribuye en áreas planas con suelos aluviales, profundos y mal drenados (Rzedowski, 1978), La especie dominante de esta comunidad es la gobernadora (*Larrea tridentata*), la cual según Villarreal y Valdés (1992-93), es la especie característica de los matorral micrófilo descrito para el estado de Coahuila. El matorral micrófilo presenta características similares al descrito por Rzedowski (1956) para Zacatecas y San Luis Potosí, donde el matorral no sobrepasa el 1.6 m de altura y la vegetación de *Larrea* y *Flourensia* forma un tapiz uniforme que cubre áreas muy grandes.

En la vegetación de arroyos la asociación vegetal corresponde a los descritos en los márgenes de corrientes intermitentes, donde hay una mayor disponibilidad de humedad. Cabe señalar que al suponerse que es un lugar donde existe disponibilidad de agua y por consiguiente podría albergar mayor cantidad de especies, es la comunidad con menor riqueza de especies, incluye arboles como: *Chilopsis linearis*, *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana*, las cuales solo se encontraron en estos lugares.

El bosque de pino con matorral submontano, es una asociación formada por especies de ambas provincias fisiográficas, donde el estrato arbóreo domina *Pinus pinceana* y el estrato arbustivo formado por matorral submontano, esta asociación es común ya que de manera natural no forma bosques puros, sino que forma bosques abiertos y generalmente se asocia con especies del matorral xerófilo (Perry, 1991), los árboles de *Pinus pinceana* tiene una altura promedio de 4.5 m la cual es inferior a la descrita para los bosques de piñonero por Rzedowski (1978), con

5.5 m, son pocos los individuos que sobrepasan tal altura, estos se encuentran de forma aislada y son individuos sobremaduros.

La estructura diamétrica del bosque de pino es característica de bosques coetáneos o de edades uniformes constituidos por árboles de troncos de grosor diverso (Smith, 1986). Tal estructura señala la existencia de una mayor densidad de árboles con diámetro medio (21 cm) que arboles con diámetros menores e indica una escasa regeneración. La densidad de renuevos de *Pinus pinceana* es de 705 ind/ha, estos valores son bajos en comparación con los valores registrados para otras áreas de México. La baja cantidad de renuevos puede ser debido a la competencia de espacio por arbustos, efecto de pastoreo y la baja producción de semillas, factores que impiden su establecimiento. La regeneración de los bosques con una gran apertura del dosel provoca que las plantas sean sustituidas por arbustos xéricos, propios de los matorrales rosetófilo y submontano (Arce y Marroquín, 1985). Tal vez otro problema que evita la regeneración del arbolado sea la escasa producción de semilla en esta zona, según Botkin y Shires (1948) la producción de piñón es muy variable debido a condiciones climáticas, una localidad debe tener una cantidad normal de precipitación y otras condiciones favorables de crecimiento por tres años consecutivos para que los árboles produzcan una buena cosecha.

Diversidad y riqueza de especies de las comunidades vegetales.

El Matorral rosetófilo y el Matorral rosetófilo con matorral submontano son las asociaciones con los mayores valores del índice de diversidad, además de tener una mayor riqueza de especies, lo cual incide en altos valores del índice de riqueza de Margalef, sin embargo en los valores del índice de dominancia y de equitatividad tienen los valores más bajos, lo cual nos indica que en esta comunidad aun y cuando tiene un alta riqueza de especies, son pocas las especies que tienen la dominancia estructural de la vegetación.

La diversidad de la asociación del Matorral rosetófilo con matorral submontano, es debido a una mayor riqueza pues se ubica en una zona de transición donde confluyen floras de ambas comunidades. Debido al efecto de borde, las áreas de transición poseen mayor riqueza (Hansen *et al.*, 1988), además la riqueza de especies se debe, en parte, al “efecto migrante” (Shmida y

Wilson, 1985), el cual se explica por las inmigraciones de especies del matorral submontano y el bosque de pino, lo cual incrementa la diversidad. Como resultado de la mayor incidencia a este tipo de respuestas, aunado a la utilización de los recursos en espacio y tiempo, permite que las especies dominen algunos microambientes y en otros sólo se mantengan en un tamaño poblacional mínimo (Guo y Brown, 1996).

El índice de riqueza de Margalef fue afectado por la superficie muestreada, lo cual, se debe a que solo se basa en el número de especies y como regla general la riqueza aumenta con la superficie de muestreo (Romero, 1999), este hecho no necesariamente significa una menor diversidad en dicho matorral, sino que evidencia la necesidad de un mayor esfuerzo de muestreo.

En comparación con el uso de Logaritmo natural (nats), los índices de diversidad utilizando el Logaritmo base 2 (bits) son más altos, una tendencia similar se observa al utilizar los atributos de la vegetación donde los índices de diversidad son mayores al emplear la frecuencia relativa y resultan menores al considerar la densidad relativa. Margalef (1972) considera que los valores de diversidad utilizando el índice de Shannon (log base 2) se ubican entre 1.5 y 3.5 y raras veces sobrepasa 4.5. Además Margalef (1991) menciona que la mayor diversidad observada en ecosistemas es alrededor de 5.3 y que las comunidades pioneras, oportunistas y perturbadas que han sido sometidas a un apacentamiento excesivo. En esta investigación los valores de diversidad obtenidos en bits muestran que la mayoría de las asociaciones vegetales se encuentran con índices de diversidad media hasta alta donde las asociaciones se encuentran entre 2.46 a 4.89 bits y según Margalef (1972) son comunidades de diversidad media y alta.

Los datos obtenidos con Log_2 (bits) son similares a los registrados en matorral xerófilo en la zona de transición florística en el centro-este de Coahuila (Mata, 2010), los valores calculados en el índice de diversidad de Shannon y utilizando el atributos de densidad (2.46 a 3.42 bits) se encuentran en el mismo rango de diversidad de Coahuila (2.13 a 3.88 bits), estos valores son superiores a los registrados en matorral xerófilo de San Luis Potosí (Huerta y García, 2004) y en el Matorral Submontano de Nuevo León (Estrada, 1998), donde varían entre 1.03 y 2.24

bits, la mayor diversidad en el área se atribuye a que es una zona de transición entre provincias florísticas, lo que incrementa la riqueza de especies (Hernández *et al.*, 2001; Huerta y García, 2004; Camarero y Fortín, 2006).

El estrato herbáceo podría tener mayor riqueza y diversidad de especies pero es necesario estudiarlo durante la temporada de lluvias para cuantificar especies que no se encontraron en la estación seca, el factor decisivo en este lugar es el clima que no permite la colonización y sobrevivencia de especies invasoras, debido las condiciones de aridez y poca humedad. Según González (2001) las asociaciones vegetales cambian de un lugar a otro y estos cambios están relacionados al clima y suelo.

Aspectos ecológicos de las asociaciones vegetales de la sierra El Mascarón

Es importante conocer los factores ambientales en los cuales se desarrolla una comunidad vegetal, ya que se ha documentado que estos interfieren en la estructura y composición de una comunidad vegetal (Yeaton y Cody 1979, McAuliffe 1994, Valverde *et al.*, 1996). Las comunidades estudiadas se localizan al extremo poniente de la Sierra el Mascarón, esta es una zona donde se mezclan comunidades vegetales del Desierto Chihuahuense y el Bosque de Pino, las cuales se distribuyen siguiendo un gradiente de altitud el cual tiene un rango de 2,000 a 2,500 m, además del efecto de la exposición y microrelieve. Cox y Moore (1993) señalan que la distribución de las especies es el resultado de sus adaptaciones a los factores bióticos y abióticos del ambiente. En lo que respecta al matorral desértico se encuentra distribuido de manera uniforme en la sierra y planicies, donde la mezcla de especies origina variadas asociaciones vegetales propias del Desierto Chihuahuense.

Las asociaciones del Matorral rosetófilo de amplia distribución en la sierra El Mascarón se localizan en sitios donde los suelos son someros y pedregosos, esto, de acuerdo a Daubenmire (1982) y Pritchett (1990) se explica porque dichos suelos tienen mayor infiltración del agua de lluvia, además de que presentan mejor aireación, lo que facilita el establecimiento de muchas especies, a diferencia de los suelos profundos de textura fina que no incorporan con facilidad el agua y dado que en la región las lluvias son torrenciales y breves, ésta se pierde por escorrentía,

lo cual impide que las raíces de plántulas penetren el suelo compacto y se establezcan. Rzedowski (1978) describe que este tipo de suelos tienen mayor diversidad florística e incrementan la diversidad del matorral xerófilo asociada a este sustrato.

El bosque de pino se distribuye a partir de los 2,200 m de altitud y su densidad aumenta con la altitud, además de sitios de difícil acceso y en laderas de exposición norte, en el norte de Zacatecas la mejor representación de los bosques de pino se tiene en la Sierra de las Bocas la cual tiene condiciones climáticas más favorables que la sierra El Mascarón. Este bosque es similar al descrito para el sureste de Coahuila por Marroquín (1976), donde los elementos más conspicuos de naturaleza xérica que se asocian al bosque de pino piñonero son: *Yucca carnerosana*, *Juniperus* sp., *Agave* spp., *Rhus virens*, *Berberis trifoliolata* y *Ephedra* spp.

En el área las comunidades boscosas prosperan entre los 2,000 y 2,600 m de altitud, así como en laderas con exposición topográfica hacia el norte, donde recoge los vientos con mayor humedad (Villarreal y Valdés, 1992-93). A mayor cantidad de humedad la densidad de individuos arbóreos de esta especie se incrementa (López, 1998), así en áreas de escorrentía intermitente y con exposición norte se presentan densos manchones de bosque los cuales se distribuyen a lo largo de pequeños cañones de la Sierra El Mascarón.

Efecto del disturbio antropogénico en la estructura y composición florística de las comunidades vegetales.

El bosque de pino de la Sierra del Mascarón ha sido impactado debido a la presión antropogénica, por el constante disturbio lo cual favorece la invasión y el establecimiento de arbustos xéricos, plantas herbáceas anuales y zacates (Ramírez *et al.*, 2001). El apacentamiento del ganado, ocasiona la eliminación de renuevos de los árboles, impidiendo la recuperación del bosque. Además, tal disturbio compacta y/o remueve el suelo, creando un hábitat propicio para el establecimiento de especies invasoras anuales de tipo ruderal, dispersadas por el ganado (Hobbs y Huenneke, 1992, Pettit *et al.*, 1995). Estas plantas no son comunes, sin embargo, de continuar el libre ramoneo del ganado y la expansión de la zona urbana, tales malezas podrán ser más abundantes e inclusive reemplazar especies nativas del bosque (Vetaas, 1997).

La baja densidad de plántulas y renuevos de las especies arbóreas de pino piñonero (*Pinus pinceana* y *P. cembroides*), se atribuye a una serie de factores naturales y antropogénicos, los de origen natural según Hernández y García (1985) son las aves y roedores, así como diversos factores climáticas como el déficit de humedad, el exceso de luz solar y la profundidad del suelo, entre los factores antropogénicos mencionan la extracción de leña, tala de árboles y los más importante para los bosques de la sierra El Mascaron, son la recolección de piñones que realizan los pobladores de las localidades cercanas a esta sierra, así como el pastoreo de ganado caprino el cual según Hernández y García (1985) es un factor limitante de la regeneración, ya que se alimenta de individuos juveniles de pinos; la regeneración se ha mantenido debido a que ésta se ha establecido bajo la copa de los árboles, la cual brinda protección a estos por el hábito de crecimiento que presenta las especies (ramificación extendida y muy cercana al suelo).

Los disturbios más acentuados en estas comunidades propician el establecimiento de plantas arbustivas. Lo anterior es aplicable al matorral rosetófilo y a las zonas de transición de este con el matorral submontano el cual ha tenido más perturbaciones por parte del pastoreo caprino de la región provocando una fragmentación en el ecosistema. La explotación forestal selectiva así como los desmontes para fines de ampliación de zonas agrícolas, ganaderas, mineras y habitacionales constituyen factores que restan superficie a la vegetación natural, provocando modificación en la composición y distribución. El pastoreo, sin embargo, y sobre todo el uso tradicional del fuego como instrumento de manejo de combustibles quizá ejercen en la actualidad mayor influencia sobre los pinares siendo un elemento más de disturbio; su efecto en la composición florística y estructura varía dependiendo de su intensidad y frecuencia (Rzedowski, 1978; Attiwill, 1994). En las partes bajas del área de estudio se observó pequeños rastros de incendios que modificaron la vegetación del lugar a pastizales (Obs. pers.).

El apacentamiento extensivo de bovinos es común en los bosques de México (Challenger, 1998), sin embargo, su efecto ecológico ha sido escasamente estudiado (Hernández et al., 2000); se considera que el disturbio antropogénico afecta de manera negativa la densidad de renuevos (Ramírez, 2003), este impacto puede ser diferente y más significativo que otras zonas, debido a las condiciones de poco forraje para el ganado. Esto modifica la composición de

especies donde sobrevivirán y poblarán las plantas menos palatables y para los animales. Se observó que en el área de estudio que el pastoreo caprino es el principal agente de disturbio. De esta forma el sobreapacentamiento en los bosques en el largo plazo, podría ocasionar su desaparición y con ello la pérdida de la diversidad biológica (Fleischner, 1994; Hernández *et al.*, 2000). Los lugares cercanos a los centros de población, caminos y las laderas más bajas de los cerros son los lugares con mayor disturbio. El delimitar y cercar los predios evita el libre acceso de animales.

Se puede observar que existe una alta fragmentación en la vegetación del lugar, esto determina su riqueza y composición ya que promueve el establecimiento de especies provenientes de diferentes sitios, al incrementar la zona de borde. Aunque este proceso puede mantener un equilibrio numérico al compensar las pérdidas de las especies originales, en realidad su efecto puede ser muy negativo debido a que las nuevas especies suelen ser de amplia distribución, propias de vegetación secundaria o ruderales, que pueden ser mejores competidoras y desplazar a las especies nativas (van Wilgen *et al.*, 1996). Además, las especies invasoras colonizan rápidamente sitios gracias a su elevada producción de semillas y alterar el funcionamiento del ecosistema (Richardson *et al.*, 1992). Como consecuencia de la influencia humana, existe una tendencia de los bosques a la sencillez estructural, coetaneidad, menor diversidad de especies y mayor susceptibilidad a las invasoras (Jardel, 1986, Hobbs y Huenneke, 1992).

CONCLUSIONES

Las comunidades vegetales presentes en la Sierra El Mascarón, como el matorral micrófilo y matorral rosetófilo propios de la provincia fisiográfica de la Altiplanicie Mexicana y los bosques de pino (*Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*), característicos de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental nos indican que el área es un punto de convergencia entre estas dos provincias fisiográficas.

Las condiciones áridas de la Sierra El Mascarón contribuyen a la dominancia fisiológica del matorral rosetófilo, donde *Agave lechuguilla* es la especie dominante. El matorral micrófilo se desarrolla en el pie de monte de la sierra, donde se presentan mayores condiciones de aridez.

Los bosques de pino (*Pinus cembroides*) se desarrollan en áreas templadas y de mayor humedad, como en las partes altas de la sierra, áreas de escorrentía intermitente, con laderas de exposición hacia el norte. El bosque de pino liso (*Pinus pinceana*) se desarrolla en la ladera baja de la sierra, forma bosques abiertos y está asociado con especies del matorral rosetófilo.

La estructura del bosque de pino, es sencilla el cual presenta una densidad y área basal bajas, así también como una escasa regeneración.

La regeneración del bosque de pino, es baja por diversos factores, tanto naturales como antropogénicos, la recolección de semillas y el pastoreo de ganado son los factores más importantes que limitan la regeneración.

En general la diversidad de especies leñosas es media, lo mismo ocurre con la riqueza de especies y la presencia de algunas especies como: *Gymnosperma glutinosum*, *Mimosa biuncifera* y *Dasyochloa pulchella*, indican que hay un fuerte impacto de la vegetación por sobrepastoreo.

Se considera que la Sierra El Mascarón es un área importante para la conservación debido a que alberga varias especies de cactáceas, así como una especie de pino, las cuales están listadas en

la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo algún estatus de conservación, además también se encuentra una especie de *Acacia* considerada como endémica.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México, D.F.
- Anónimo. 1983. Síntesis Geográfica de Zacatecas, México. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. 163 p.
- Anónimo. 1985. SAS user's guide: Statistics. 5.0 edition, SAS Institute, Cary, North Carolina, U.S.A. Inc. 56 p.
- Arce G.L. y Marroquín J.S. 1985. Las unidades fisonómico-florísticas del cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, México. *Biótica* 10: 369-393.
- Arias, S. 1993. Cactáceas: conservación y diversidad en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* Vol. Esp. 44:109-115 p.
- Attiwill, P. M. 1994. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* 63: 247-300.
- Botkin, C. W.; Shires, L. B. 1948. The composition and value of pinon nuts. *Exp. Sta. Bull.* 344. Las Cruces, N.M.: New Mexico State University: 3-1.
- Brailovsky, D. y H. Hernández. 2010. Mazapil, Zacatecas: diversity and conservation of cacti in a poorly known arid region in northern Mexico. *Cactus and Succulent Journal* 82(4): 197-202.
- Cabrera, J. A. y M. Gómez. 2005. Análisis florísticos de La Cañada, municipio El Marqués, Querétaro. *Biologia Scripta*, 49-52.

- Camarero, J y M. J. Fortín. 2006. Detección cuantitativa de fronteras ecológicas y ecotonos. *Ecosistemas* 15(3): 76-87.
- Challenger, A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S.C., México, D.F.
- Constante, G.V., J. Villanueva D., J. J. Cerano P., E.H. Cornejo O. y S. Valencia M. 2009. Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zucc. y reconstrucción de precipitación estacional para el sureste de Coahuila. *Revista Ciencias Forestales en México* 34 (106): 17 - 39.
- COTECOCA. 1974. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana, Estado de Coahuila. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 123 p.
- Cox, C. J. 1999. *Ecological methodology*. Addison Wesley Logman, New York. 618 p.
- Cox, C. y P. Moore. 1993. *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. London, UK.
- Daubenmire, R. F. 1982. *Ecología vegetal, tratado de autoecología de plantas*. Universidad Estatal de Washington, Limusa, 3era. Edición. 496 p
- Dávila, P. y V. Sosa. 1994. El conocimiento florístico de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 55:21-27.
- Digby, P.G. and R.A. Kempton. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman et Hall. London. 206 p.

- Espinosa, O., D., J. J. Morrone, Z. C. Aguilar y J. Llorente B. 2000. Regionalización biogeográfica de México: Provincias Bióticas. In Sistemática, y biogeografía de artrópodos mexicanos: hacia una síntesis de su conocimiento. J. Llorente, E. González y N. Papavero (eds.) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., vol. 2, p. 61-94.
- Estrada, A. E. 1998. Ecología del matorral submontano en el estado de Nuevo León, México. Tesis doctoral. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih., México. 190 p.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa y B. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America. The Royal Botanical Garden, Kew and the University of Oxford.
- Ferrusquia, V.J. 1998. Geología de México, instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Figuroa, B. L. y M. Olvera. 2000. Dinámica de la composición de especies en bosques de *Quercus crassipes* H. & B. en Cerro Grande, Sierra de Manantlán, México. Agrociencia 34: 91-98.
- Fleischner, T. L. 1994. Ecological cost of livestock grazing in western North America. Conservation Biology 8: 629-644.
- Flores, V.O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. UNAM-CONABIO, México, D.F. 431 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema climático de Köppen. 4a. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

- Goldman, E. A. y R. T. Moore. 1945. The biotic provinces of Mexico. *Journal of Mammalogy* 26: 347-360.
- González, F. 2001. Las comunidades vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología. 81 p.
- Guo, Q., and J. H. Brown. 1996. Temporal fluctuations and experimental effects in desert plant communities. *Oecología* 107:568–577.
- Hansen, A.J., Di Castri F. y Naiman R.J. 1988. Ecotones: what why? En: Di Castri F., Hansen A.J. y Hollands M.M. Eds. *A New Look at Ecotones: Emerging International Projects on Landscape Boundaries*, pp. 9-46 *Biology International Special Issue 17*. International Union of Biological Science, Paris.
- Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1983. Vegetation and community types of the Chihuahuan Desert. in second symposium on resources of the Chihuahuan Desert Region, U.S. and México (Barlow, J.C., Powell, A.M. and B.N. Timmermann, eds.) pp. 20-39. Sul Ross State University, Alpine, Texas.
- Hernández, V. G., L. R. Sánchez, T. F. Carmona, M. R. Pineda y R. Cuevas. 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán. *Madera y Bosques* 6(2): 13-28.
- Hernández, H., C. Gómez y R. Barcenás. 2001. Diversity, spatial arrangement, and endemism of Cactaceae in the Huizache area, a hot-spot in the Chihuahuan Desert. *Biodiversity and Conservation* 10:1097-1112.
- Huerta, F. M., y E. García M. 2004. Diversidad de especies perennes y su relación con el ambiente en un área semiárida del centro de México: implicaciones para la conservación. *Interciencia* 29(8): 435-441.

- Hobbs, R.J. y Huenneke L.F. 1992. Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6:324-337.
- INEGI. 1981. Carta geológica, Concepción del Oro G14-10, 1:250,000.
- Jardel, P. E. 1986. Efecto de la explotación forestal en la estructura y regeneración del bosque de coníferas de la vertiente oriental del Cofre de Perote, Ver., México. *Biotica* 2(4):247-270.
- Knapp, S., G. Davidse y M. Sousa. 2001. Proyectos florísticos hoy y mañana: su importancia en la sistemática y la conservación, 331-358 p. Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad, Ediciones científicas universitarias. México, D.F. 411 p.
- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*.
- Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa y J. J. Morrone. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forest: a preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299-1305
- López, I. 1998. Ecofisiografía y productividad de *Pinus cembroides* Zucc en Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, Tesis Profesional, División de Ciencias Forestales, Chapingo, México, 76 p.
- Magurran, J. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- Manly, B. F. 1986. Multivariate methods. Chapman & Hall. Londres. 159 p.

- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. *Trans. Connect. Acad. Arts Sci.*, 44:211-235.
- Margalef, R. 1991. *Teoría de los sistemas ecológicos*. Publicacions de la Universitat de Barcelona. Barcelona, España. 275 p.
- Marroquín, J. 1976. Vegetación y florística del nordeste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 36: 69-101.
- Marroquín, J., G. Borja L, R. Velásquez C. y J. A. de la Cruz. 1981. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. *Inst. Nac. Invest. For. México. Publ. Esp. No. 2*, 166 p
- Mata, R.E. 2010. Estructura, diversidad y aspectos ecológicos del matorral xerófilo en una zona de transición florística del centro-este de Coahuila, México. Tesis Profesional. Departamento Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 86 p.
- McAuliffe, J.R. 1994. Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert bajadas. *Ecological Monographs* 64:111-148.
- Morrone, J. J. y J. Márquez. 2001. Halfter's Mexican Transition Zone, beetle generalized tracks, and geographical homology. *Journal of Biogeography* 28: 635-650.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M & T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 p.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. Inc. Nueva York. 547 p.
- Olvera, M., S. Moreno y B. Figueroa. 1996. *Sitios permanentes para la investigación silvícola. Manual para su establecimiento*. Libros del Instituto Manantlán. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal. 55 p.

- Peet, 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 285-307.
- Perry J., 1991. *The Pines of Mexico and Central America*. Timber Press, Inc. 231 p.
- Pettit N.E., R.H. Froend y Ladd, P.G. 1995. Grazing in remnant woodland vegetation: changes in species composition and life from groups. *Journal of Vegetation Science* 6:121-130.
- Pritchett, W. 1990. *Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento*. Limusa México D.F. 634 p.
- Ramírez, N. 2003. Survival and growth of tree seedling in anthropogenically disturbed Mexican montane rain forests. *Journal of Vegetation Science* 14: 881-890.
- Ramírez, N., M. González-Espinosa and G. Williams-Linera. 2001. Anthropogenic disturbance and treediversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 154:311-326.
- Richardson, D.M., McDonald, I.A., Holmes P.M. y Cowling R.M. 1992. Plant and animal invasions. En: Cowling M. Ed. *The Ecology of Fynbos. Nutrient, Fire and Diversity*, The Oxford University Press, Ciudad del Cabo. 271-308 p.
- Romero, G. 1999. *Caracterización ecológica y definición de esquemas de muestreo en el Matorral Espinoso Tamaulipeco del Nordeste de México*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, 72 p.
- Rzedowski, J. 1956. *Notas sobre la flora y la vegetación del estado de San Luis Potosí. III. Vegetación de la región de Guadalcázar*. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 27: 169-228.

- Rzedowski, J. 1973. Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. In *Vegetation and vegetational history of Northern Latin America*. A.Graham (ed.). Elsevier Scientific, Amsterdam, p. 61-72.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México, D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. 2005. México como área de origen y diversificación de linajes vegetales. 375-382 p. in J. Llorente y J.J. Morrone (eds.) *Regionalización biogeográfica de Iberoamérica y tópicos afines*. UNAM-CONABIO. México, D.F. 577 p.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 que determina las especies nativas de México de flora y fauna silvestres - categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 2a sección, 30 de Diciembre de 2010.
- Shmida, A. y Wilson M. 1985. Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography* 12:1-20.
- Smith, D. M. 1986. *The practice of silviculture*. John Wiley & Sons, Inc., Nueva York. 527 p.
- Valverde, P.L., Zavala, J.A., Montaña., C. y Escurra, E. 1996. Numerical analyses of vegetation based on environmental relationships in the southern Chihuahuan Desert. *Southwestern Naturalist* 41: 424-433.
- van Wilgen B.W., Cowling R.M. y Burgers C.J. 1996. Valuation of ecosystem services. *BioScience* 46:184-189.

- Vetaas, O.R. 1997. The effect of canopy disturbance on species richness in a central Himalayan oak Forest. *Plant Ecology* 132:29-38
- Villarreal, J.A. y J. Valdés R. 1992-93. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de Manejo de Pastizales*. 6 (1,2):9-18.
- Villarreal, J.A. 2001. Listados florísticos de México. XXIII Flora de Coahuila. UNAM, Instituto de Biología. 137 p.
- Villarreal, J. A. y J. A. Encina. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botanica Mexicana* 70:1-46.
- Villarreal, J. Á., O. Mares A., E. Cornejo O. y M.A. Capó A. 2009. Estudio florístico de los piñonares de *Pinus pinceana* Gordon. *Acta Botanica Mexicana* 89: 87-124.
- Villaseñor, J.L. 1991. Las Heliantheae endémicas de México: Una guía hacia la conservación. *Acta Botánica Mexicana* 15: 29-46.
- Villaseñor, J.L. 1999. La flora genérica del estado de Zacatecas, México. Informe de actividades desarrolladas durante el año sabático en la Universidad Autónoma de Zacatecas. Inédito. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, México.
- Yeaton, R.I and M.L. Cody. 1979. The distribution of cacti along environmental gradients in the Sonoran and Mohave deserts. *Journal of Ecology* 65: 529-541.

ANEXOS

Anexo 1.- Listado florístico de las comunidades vegetales de la sierra El Mascarón

Familia	Género	Especie	Autor
AGAVACEAE	<i>Agave</i>	<i>gentryi</i>	Ullrich
	<i>Agave</i>	<i>lechuguilla</i>	Torr.
	<i>Agave</i>	<i>scabra</i>	Salm-Dyck.
	<i>Agave</i>	<i>striata</i>	Zucc.
	<i>Dasyilirion</i>	<i>cedrosanum</i>	Trel.
	<i>Hesperaloe</i>	<i>funifera</i>	(Koch) Trel.
	<i>Yucca</i>	<i>carnerosana</i>	(Trel.) Mc Kelvey
	<i>Yucca</i>	<i>filifera</i>	Chaub.
ANACARDIACEAE	<i>Rhus</i>	<i>microphylla</i>	Engelm.
	<i>Rhus</i>	<i>virens</i>	A. Gray
ASTERACEAE	<i>Acourtia</i>	<i>parryi</i>	(A. Gray) Reveal et King
	<i>Brickellia</i>	<i>laciniata</i>	A. Gray
	<i>Chrisactinia</i>	<i>mexicana</i>	A. Gray
	<i>Dyssodia</i>	<i>pentachaetha</i>	(DC.) Rob.
	<i>Flourensia</i>	<i>cernua</i>	DC.
	<i>Gymnosperma</i>	<i>glutinosum</i>	(Spreng.) Less.
	<i>Gochnatia</i>	<i>hypoleuca</i>	(DC.) A. Gray
	<i>Parthenium</i>	<i>argentatum</i>	A. Gray
	<i>Parthenium</i>	<i>incanum</i>	Kunth
	<i>Thymphylla</i>	<i>setifolia</i>	Lag.
	<i>Viguiera</i>	<i>greggii</i>	(A. Gray) Blake
	<i>Viguiera</i>	<i>stenoloba</i>	Blake
<i>Zaluzania</i>	<i>augusta</i>	Sch. Bip.	
	<i>Zinnia</i>	<i>acerosa</i>	(DC.) A. Gray
BERBERIDACEAE	<i>Berberis</i>	<i>pinifolia</i>	(Lundell) Muller
BIGNONIACEAE	<i>Chilopsis</i>	<i>linearis</i>	(Cav.) Sweet
	<i>Tecoma</i>	<i>stans</i>	(L.) Juss
BORAGINACEAE	<i>Tiquilia</i>	<i>canescens</i>	(DC.) A. Richardson
BUDDLEJACEAE	<i>Buddleja</i>	<i>tomentella</i>	Standl.

Familia	Género	Especie	Autor
CACTACEAE	<i>Ariocarpus</i>	<i>retusus</i>	Scheidw.
	<i>Echinocactus</i>	<i>horizonthalonius</i>	Lemaire
	<i>Echinocactus</i>	<i>platyacanthus</i>	Link et Otto
	<i>Echinocereus</i>	<i>congomerathus</i>	Foerster
	<i>Echinocereus</i>	<i>pectinatus</i>	(Scheid.) Engelm.
	<i>Ferocactus</i>	<i>pilosus</i>	(Gal.) Werder.
	<i>Mammillaria</i>	<i>chionocephala</i>	Purpus
	<i>Mammillaria</i>	<i>heyderi</i>	Muehl.
	<i>Neolloydia</i>	<i>conoidea</i>	(DC.) Britton et Rose
	<i>Opuntia</i>	<i>imbricata</i>	(Haw.) DC.
	<i>Opuntia</i>	<i>leptocaulis</i>	DC.
	<i>Opuntia</i>	<i>leucotricha</i>	DC.
	<i>Opuntia</i>	<i>microdasys</i>	(Lehm.) Pfeiffer
	<i>Opuntia</i>	<i>rastrera</i>	Weber
	<i>Opuntia</i>	<i>stenopetala</i>	Engelm.
<i>Opuntia</i>	<i>tunicata</i>	(Lehm.) Link et Otto	
	<i>Stenocactus</i>	<i>multicostatus</i>	(Hildmann ex K. Schumann) A. Berger
CELASTRACEAE	<i>Mortonia</i>	<i>palmeri</i>	Hemsl.
EPHEDRACEAE	<i>Ephedra</i>	<i>aspera</i>	Engelm.
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i>	<i>dioicus</i>	Cav.
	<i>Euphorbia</i>	<i>antisyphilitica</i>	Zucc.
	<i>Jatropha</i>	<i>dioica</i>	Cerv.
FABACEAE	<i>Acacia</i>	<i>farnesiana</i>	(L.) Willd.
	<i>Acacia</i>	<i>glandulifera</i>	S. Watson
	<i>Acacia</i>	<i>neovernicosa</i>	Isely
	<i>Calliandra</i>	<i>conferta</i>	A. Gray
	<i>Dalea</i>	<i>bicolor</i>	Willd.
	<i>Mimosa</i>	<i>biuncifera</i>	Benth.
	<i>Prosopis</i>	<i>glandulosa</i>	Torr.
	<i>Senna</i>	<i>wislizienii</i>	A. Gray
	<i>Sophora</i>	<i>secundiflora</i>	(Ort.) DC.
FAGACEAE	<i>Quercus</i>	<i>pringlei</i>	Seemen
	<i>Quercus</i>	<i>striatula</i>	Trel.
FOUQUIERIACEAE	<i>Fouquieria</i>	<i>splendens</i>	Engelm. in Wislz.
LAMIACEAE	<i>Salvia</i>	<i>coulteri</i>	Fern.
OLEACEAE	<i>Fraxinus</i>	<i>greggii</i>	A. Gray
	<i>Menodora</i>	<i>scabra</i>	A. Gray

Familia	Género	Especie	Autor
PINACEAE	<i>Pinus</i>	<i>cembroides</i>	Zucc.
	<i>Pinus</i>	<i>pinceana</i>	Gordon
POACEAE	<i>Bouteloua</i>	<i>curtipendula</i>	(Michx.) Torr.
	<i>Bouteloua</i>	<i>gracilis</i>	(Kunth) Griffiths
	<i>Bouteloua</i>	<i>uniflora</i>	Vasey
	<i>Dasyochloa</i>	<i>pulchella</i>	(Kunth) Willd ex Rydb.
	<i>Pappophorum</i>	<i>vaginatum</i>	L.
	<i>Scleropogon</i>	<i>brevifolius</i>	Phil.
	<i>Setaria</i>	<i>leucopila</i>	(Scribn. et Merr.) Schum.
POACEAE	<i>Sporobolus</i>	<i>airoides</i>	(Torr.) Torr.
	<i>Stipa</i>	<i>eminens</i>	Cav.
	<i>Astrolepis</i>	<i>sinuata</i>	(Lag. ex Sw.) Benham et Windham
PTERIDIACEAE	<i>Astrolepis</i>	<i>sinuata</i>	(Lag. ex Sw.) Benham et Windham
RHAMNACEAE	<i>Condalia</i>	<i>spathulata</i>	A. Gray
SCROPHULARIACEAE	<i>Leucophyllum</i>	<i>minus</i>	A. Gray
ROSACEAE	<i>Cercocarpus</i>	<i>fothergilloides</i>	Kunth
	<i>Lindleya</i>	<i>mespiloides</i>	Kunth
ZYGOPHYLLACEAE	<i>Larrea</i>	<i>tridentata</i>	(DC.) Cav.