

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**ESTRUCTURA, DIVERSIDAD Y ASPECTOS ECOLÓGICOS
DEL MATORRAL XERÓFILO EN UNA ZONA DE TRANSICIÓN
FLORÍSTICA DEL CENTRO-ESTE DE COAHUILA, MÉXICO**

POR:

EFRÉN MATA ROCHA

TESIS PROFESIONAL

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

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA**

**ESTRUCTURA, DIVERSIDAD Y ASPECTOS ECOLÓGICOS
DEL MATORRAL XERÓFILO EN UNA ZONA DE TRANSICIÓN
FLORÍSTICA DEL CENTRO-ESTE DE COAHUILA, MÉXICO**

POR:

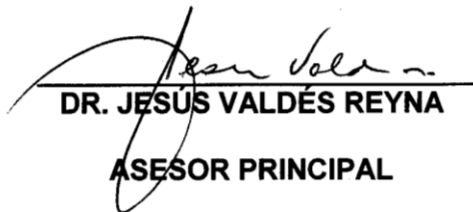
EFRÉN MATA ROCHA

TESIS PROFESIONAL

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

APROBADA POR:


DR. JESÚS VALDÉS REYNA
ASESOR PRINCIPAL


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

Coordinación
División de Agronomía

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA**

**ESTRUCTURA, DIVERSIDAD Y ASPECTOS ECOLÓGICOS
DEL MATORRAL XERÓFILO EN UNA ZONA DE TRANSICIÓN
FLORÍSTICA DEL CENTRO-ESTE DE COAHUILA, MÉXICO**

POR:


EFRÉN MATA ROCHA

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

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA
COMITÉ PARTICULAR**


**DR. JESÚS VALDÉS REYNA
ASESOR PRINCIPAL**


**M.C. JUAN ANTONIO ENCINA DOMÍNGUEZ
ASESOR**


**DR. ALEJANDRO ZÁRATE LUPERICIO
ASESOR**

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2010

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma “Agraria Antonio” por todas las facilidades otorgadas para realizar mis estudios y así concluir esta etapa de mi formación profesional, en especial al personal docente del Departamento de Botánica.

Al M.C. Juan Antonio Encina Domínguez por la revisión detallada del documento de tesis, su apoyo continuo y sus sugerencias para mejorar su presentación.

Al Dr. Jesús Valdés Reyna muchas gracias por apoyarme y dar sus valiosas opiniones y correcciones a mi tesis.

Al Dr. Alejandro Zarate Lupercio por su valioso tiempo dedicado a la revisión de ésta investigación y sus aportes para la mejora del mismo.

Al Dr. José A. Villarreal Quintanilla por la determinación de las muestras botánicas colectadas durante el trabajo de campo.

A todas las personas que de alguna forma participaron en la realización de esta investigación. Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESÚMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
Área de estudio.....	4
Fisiografía.....	4
Geología y suelos.....	4
Hidrología.....	6
Clima.....	6
Vegetación.....	7
Metodología.....	8
Afinidad y distribución florística.....	9
Clasificación de la vegetación.....	9
Atributos estructurales.....	10
Diversidad Alfa.....	11
Índice de riqueza de Margalef.....	11
Índice de dominancia de Berger-Parker.....	11
Índice de Shannon-Wiener.....	12
Índice de Equitatividad de Pielou.....	12
Similitud y diversidad Beta.....	12
Índice de similitud de Jaccard.....	13
Índice de diversidad beta de Wilson y Shmida.....	13
Ordenación del matorral xerófilo.....	13
RESULTADOS.....	16
Composición florística.....	16
Afinidad y distribución de la flora.....	17

Clasificación de los sitios de muestreo.....	17
Aspectos estructurales de las asociaciones del matorral xerófilo.....	19
Grupo 1.- Matorral de <i>Agave lechuguilla</i> - <i>Larrea tridentata</i>	19
Grupo 2.- Matorral de <i>Flourensia cernua</i> - <i>Larrea tridentata</i>	20
Grupo 3.- Matorral de <i>Lippia graveolens</i> - <i>Leucophyllum frutescens</i>	22
Grupo 4.- Matorral de <i>Acacia rigidula</i> - <i>Agave lechuguilla</i>	23
Grupo 5.- Matorral de <i>Prosopis glandulosa</i> - <i>Castela erecta</i>	25
Diversidad y riqueza de especies.....	27
Similitud y Diversidad Beta.....	28
Ordenación de los sitios del matorral xerófilo a través de Análisis de Correspondencia (AC).....	29
Ordenación de los sitios del matorral xerófilo a través de Análisis de Correspondencia Canónica (CCA).....	32
DISCUSIÓN	38
Composición florística.....	38
Afinidades florísticas y distribución de las especies.....	39
Asociaciones del matorral xerófilo.....	40
Diversidad y riqueza de especies.....	44
Similitud y Diversidad Beta.....	46
Ordenación del matorral xerófilo.....	47
CONCLUSIONES	51
LITERATURA CITADA	53
APENDICES	61
Apéndice 1.- Listado florístico de las especies presentes en las asociaciones del matorral xerófilo.....	61
Apéndice 2.- Afinidad geográfica y distribución de la flora del matorral xerófilo.....	68
Apéndice 3.- Coordenadas y ubicación geográfica de los sitios de muestreo.	72
Apéndice 4. Diagramas ombrotérmicos de las principales estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio.....	74
Apéndice 5. Datos físico-ecológicos de los sitios de muestreo ubicados en los matorrales estudiados.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Afinidad fitogeográfica de los géneros y distribución de las especies por provincia florística.....	17
2. Atributos estructurales del Matorral de <i>Agave lechuguilla</i> - <i>Larrea tridentata</i>	20
3. Atributos estructurales del Matorral de <i>Flourensia cernua</i> - <i>Larrea tridentata</i>	21
4. Atributos estructurales del Matorral de <i>Lippia graveolens</i> - <i>Leucophyllum frutescens</i>	23
5. Atributos estructurales del Matorral de <i>Acacia rigidula</i> - <i>Agave lechuguilla</i>	25
6. Atributos estructurales del Matorral de <i>Prosopis glandulosa</i> - <i>Castela erecta</i>	26
7. Índices de diversidad, Equitatividad y riqueza de las asociaciones del matorral xerófilo.....	28
8. Índice de similitud y diversidad beta de las asociaciones del matorral xerófilo.....	29
9. Resultados del análisis desprovisto de tendencia (DCA) y del análisis de correspondencia (AC).....	29
10. Resumen del Análisis de correspondencia canónica (CCA) para la ordenación del matorral xerófilo mediante variables ambientales.....	33
11. Coeficientes de correlación entre las variables ambientales y los primeros dos ejes de ordenación.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Ubicación del área de estudio: Centro – Este de Coahuila	5
2. Diseño de las parcelas de muestreo.....	9
3. Familias con mayor riqueza de géneros y especies en el área de estudio.....	16
4. Clasificación de los sitios de muestreo.....	18
5. Diagrama de ordenación de los sitios y especies del matorral xerófilo con relación al eje 1 y 2 del Análisis de correspondencia (AC).....	31
6. Diagrama de ordenación de los sitios y especies del matorral xerófilo con relación a las variables ambientales mediante Análisis de correspondencia canónica (CCA).....	35

RESUMEN

Con el objetivo de conocer la estructura, composición, diversidad y aspectos ecológicos del matorral xerófilo de una zona de transición entre las provincias florísticas de la Altiplanicie y la Planicie Costera del Noreste en el estado de Coahuila, México, se establecieron de manera selectiva 53 sitios circulares de 100 m² para la medición de arbustivas, la información de hierbas y arboles se tomó en parcelas concéntricas de 2 y 500 m² respectivamente, se cuantificó la altura, cobertura e identidad específica de los tres estratos; se calcularon los atributos de la vegetación y a partir de estos se obtuvo el valor de importancia relativa; se determinó la afinidad y distribución de la flora por provincia; la vegetación se clasificó mediante análisis de conglomerados con el índice de similitud de Morisita, y los datos de cobertura de 69 especies leñosas; las asociaciones se nombraron en base a los taxa dominantes; en cada una se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el índice de riqueza de Margalef, la equidad de Pielou y el índice de dominancia de Berger-Parker, el índice de similitud de Jaccard y el índice de diversidad beta de Wilson y Shmida; las especies se ordenaron mediante análisis de correspondencia canónica (CCA). Se registraron 137 especies, 107 géneros y 34 familias, las más ricas son Asteraceae, Fabaceae y Cactaceae; dos tercios de la flora son de afinidad neotropical y se distribuyen en la Altiplanicie; se delimitaron seis asociaciones, las cuales tienen una distribución compleja y a menudo se forman por especies de las dos provincias, las especies dominantes son: *Agave lechuguilla*, *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Lippia graveolens*, *Acacia rigidula*, *Leucophyllum frutescens*, *Prosopis glandulosa* y *Castela erecta*; el área posee una diversidad alta, la cual aumenta con la superficie y las propiedades del suelo (suelos someros); el matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* es la asociación más representativa de la transición entre las provincias; la similitud y diversidad beta cambiaron en base a la “preferencia” edáfica de las especies; la vegetación se ordenó en relación a un gradiente de humedad y uno geológico (litología), la precipitación se relacionó de manera negativa con la altitud, el límite geográfico entre las provincias y en el gradiente más importante (humedad) lo constituyen un grupo de sierras con dirección sureste-noroeste; la complejidad de la vegetación, la alta diversidad y la variación gradual en la altitud muestran que el área es un ecocline entre las dos provincias.

Palabras clave: matorral xerófilo, zona de transición, provincia florística, estructura.

ABSTRACT

With the aim to characterize the structure, composition, diversity and some ecological aspects on the desert scrub among the Mexican Plateau and the Costal Northeastern Plains in the central portion of Coahuila Mexico, were established 53 circular plots of 100 m² to shrubs, the information of trees and forbs was taken in plots of 2 and 500 m² respectively, to three layers were quantified height, coverage and the specific identity; vegetation attribute were calculated, to obtain the relative importance value; the species distribution and affinity was define by floristic province; the vegetation classification was realized through Cluster analysis with the Morissita index and the coverage of 69 species; the associations were named in agreement the dominant species; the diversity was estimated with the Shannon-Weiner index, the richness Margalef index, the evenness Pielou index, and the dominance Berger-Parker index, the similarity and beta diversity were calculated with Jaccard index and the Wilson and Shmida index; the ordination on the species were realized with a canonical correspondence analysis (CCA); the flora comprise 137 species, 107 genus and 34 families, the most abundant are Asteraceae, Fabaceae and Cactaceae; 75% of the richness is part of Mexican plateau flora and Neotropical affinity; the cluster analysis delimited six associations, integrated by species of the two provinces and the distribution is complex, the dominant species is: *Agave lechuguilla*, *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Lippia graveolens*, *Acacia rigidula*, *Leucophyllum frutescens*, *Prosopis glandulosa* and *Castela erecta*; the region have high diversity, this increased with the sampled area and the soil characteristics (superficial and stony soils); the *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* scrub is the association more representative of the transition between provinces; the similarity index and beta diversity changed follow at the edafological distribution of the species; the vegetation was ordinated in relation on the humidity gradient and a geological gradient (litology), the precipitation was related negatively with the altitude, the geographical limit among the provinces and the more important gradient (humidity) is a constituted for a set mountains with direction southeastern-northwestern; the complexity of the vegetation, the high diversity and the gradual variation in the altitude show as the region is a ecocline among the two floristic provinces.

Key words: xerofilous scrub, transition area, floristic province, structure.

INTRODUCCIÓN

En México, las zonas áridas y semiáridas cubren el 48.29% de su territorio, éstas se presentan en el centro y norte de la república (González, 2004). El matorral xerófilo es la formación vegetal más frecuente en dichas regiones, razón por la cual es considerado como la vegetación más abundante del país (Rzedowski, 1978); sin embargo, la gran variedad de condiciones climáticas, topográficas y edafológicas imperantes en esta vasta extensión territorial a menudo ocasionan diferencias notables en la composición, densidad y altura del matorral, de tal manera que no es posible considerarlo como una formación vegetal única y homogénea; bajo esta premisa y con base en criterios de afinidad geográfica, composición, distribución y abundancia de las especies, Rzedowski (1978) delimitó la flora de las regiones áridas en cinco provincias florísticas (Planicies Costeras del Noroeste y del Noreste, Altiplanicie, Baja California y Valle de Tehuacán-Cuicatlán), las cuales, en conjunto forman parte de la Región xerofítica mexicana dentro del reino florístico Neotropical.

En el estado de Coahuila, entidad donde el 80.63% de su territorio está cubierto por matorral xerófilo (Anónimo, 1983) convergen las provincias de la Altiplanicie y la Planicie Costera del Noreste, la primera de ellas ocupa una mayor extensión, se distribuye en áreas con clima seco, de tipo continental, en altitudes entre 800 y 2,200 m y tiene una mayor variación en la vegetación, en ella domina el Matorral Desértico Chihuahuense (Henrickson y Johnston, 1983) a través de las comunidades del matorral micrófilo y el matorral rosetófilo, las especies más abundantes son micrófilas, suculentas y con hojas agrupadas en forma de roseta. Por su parte, el Matorral Tamaulipeco (Muller, 1947), es la comunidad más frecuente de la Planicie Costera del Noreste, se presenta en sitios con clima seco cálido a semicálido y altitudes entre 240 a 850 m, las especies dominantes son arbustivas

con espinas laterales o inermes, el estrato herbáceo es abundante a diferencia de la provincia anterior donde es efímero y escaso (Villarreal y Valdés, 1992-93).

De manera general se ha considerado que no existen límites precisos entre provincias florísticas, pues los cambios son graduales con mezclas de especies procedentes de áreas vecinas (Rzedowski, 1978), en particular entre éstas provincias, ya que autores como Muller, (1947); Miranda y Hernández, (1963); Rojas, (1965) y Rzedowski, (1978) han señalado la existencia de una amplia zona de transición entre ellas que abarca los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, donde la vegetación forma un mosaico complejo integrado por comunidades vegetales de las dos provincias, tal complejidad en la vegetación se asocia a la influencia de dos gradientes principales: 1) el descenso gradual en la altitud y 2) el aumento en la precipitación (Muller, 1947, Rzedowski, 1978; Briones y Villarreal, 2001), sin embargo, dicha aseveración no ha sido corroborada de manera formal.

Los estudios sinicológicos en zonas de transición florística son importantes en el campo de la ecología, pues permiten inferir los factores ambientales que tienen mayor efecto o que determinan la distribución de la flora en dos regiones ecológicamente distintas; asimismo mediante su aplicación se pueden conocer las amplitudes ecológicas o el nivel de tolerancia de una especie a un determinado factor ambiental, además de dilucidar algunas relaciones competitivas entre las especies (Camarero y Fortín, 2006).

Con base en lo anterior y debido a que los trabajos orientados a conocer la composición florística, así como las diferentes asociaciones vegetales y su determinismo ecológico en dicha zona transicional son relativamente escasos, en particular para el estado de Coahuila, pues únicamente son referidas de manera superficial en las contribuciones de

Muller (1947), Villarreal y Valdés (1992-93) y Anónimo (1979), el presente estudio justifica su aplicación y pretende clasificar y determinar la composición, estructura, diversidad y ecología del matorral xerófilo de dicha zona, con el propósito de incrementar el conocimiento sinecológico del centro-este de Coahuila.

OBJETIVOS

Caracterizar la estructura de las asociaciones vegetales que forman parte del matorral xerófilo ubicado en la zona de transición entre la Planicie Costera del Noreste y la Altiplanicie en el centro-este de Coahuila.

Determinar la diversidad y aspectos ecológicos que condicionan la distribución de las asociaciones del matorral xerófilo ubicado en la zona de transición entre la Planicie Costera del Noreste y la Altiplanicie, en el centro-este de Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área se ubica en la porción centro-este del estado de Coahuila, en los municipios de Monclova, Candela, Progreso, Abasolo, Escobedo, Sabinas, Juárez, Castaños y Melchor Múzquiz, se incluyen seis sitios (representan el 11% de los 53 sitios muestreados) que se ubican en el noroeste de Nuevo León, (Bustamante, Lampazos de Naranjo y Mina) con extremos de latitud entre los 27° 45' y 26° 20'N y de longitud entre los 101° 40' y 100° 30'W (Figura 1, Apéndice 3).

Fisiografía

El área engloba parte de la provincia Sierra Madre Oriental que se forma por un conjunto de sierras menores con estratos plegados, valles intermontanos y cuencas endorreicas y la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses caracterizada por una serie de serranías pequeñas de origen calizo (sierras de Lampazos, Gomas, Pájaros azules, Obayos y Santa Rosa), orientadas de noroeste a sureste, las altitudes varían entre los 700 m en las partes bajas y 2,000 m en las zonas montañosas, también ocupa una porción significativa de la provincia fisiográfica Grandes Llanuras de Norte América y la subprovincia Sierras y Llanuras de Coahuila y Nuevo León, conformadas por extensas llanuras, lomeríos bajos y escasas montañas con intervalos altitudinales entre los 150 y 1,000 m (Anónimo, 2001b).

Geología y suelos

En la mayor parte del área afloran las rocas sedimentarias del Holoceno, Plioceno y Cuaternario formadas por aluviones, conglomerados oligomicticos y areniscas, en baja proporción también se encuentran rocas extrusivas del Pleistoceno formadas por basalto.

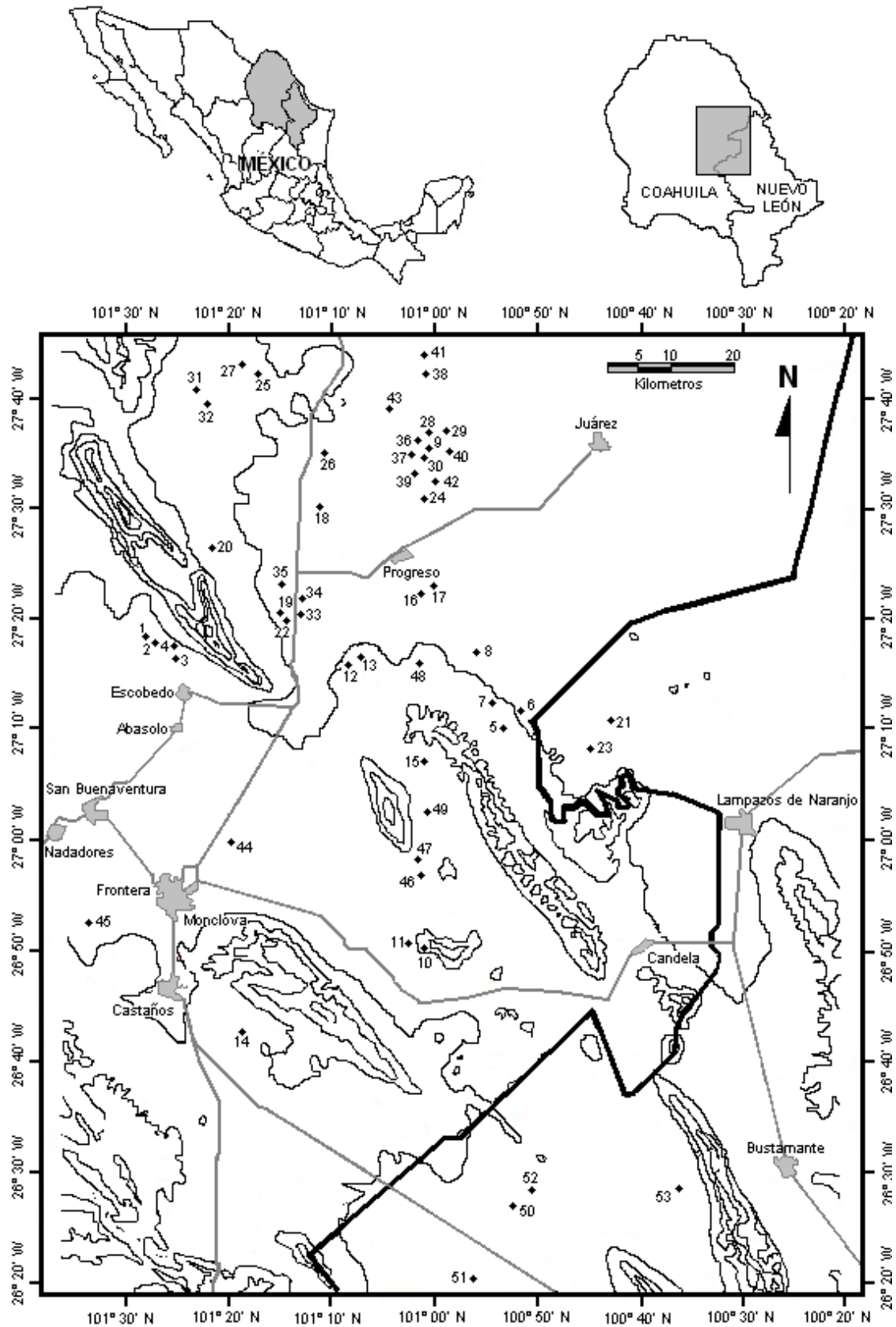


Figura 1. Ubicación del área de estudio: Centro – Este de Coahuila.

Los suelos dominantes son aluviales de textura fina y media, de profundidad variable, moderadamente alcalinos, con bajo contenido de materia orgánica, de color café o gris, éstos se presentan sobre extensas llanuras y bajadas, asimismo, en lomeríos el suelo es poco profundo, gravoso o arenoso y con frecuencia presentan una capa petrocálcica; debido al carácter de zona árida el tipo de suelo con mayor extensión es el xerosol, seguido por el regosol y la rendzina, en menor cuantía se presentan el vertisol y litosol (Anónimo, 2001b).

Hidrología

El área se ubica dentro de la región hidrológica RH-24 "Bravo-Conchos", las corrientes permanentes más importantes son el río Sabinas que se origina en la Sierra de Santa Rosa y el río Salado de Nadadores que adquiere su nombre cerca de Estación Hermanas (Progreso) y se origina por la afluencia temporal de otros ríos de menor importancia como el Nadadores, el Monclova, Pájaros azules, Los Marranos, El Gato y El Aura, ambos ríos confluyen en la presa Venustiano Carranza (Don Martín) ubicada en el municipio de Juárez, dicho embalse por su capacidad de almacenamiento ($1,385,000,000 \text{ m}^3$) es la segunda en importancia en el estado de Coahuila (Anónimo, 2001b).

Clima

De acuerdo a Koppen modificado por García (1973), el clima del área de estudio se encuentra definido en cuatro subtipos: el seco muy cálido y cálido BS0 (h'), que abarca el 47.16% del área y se ubica en la parte septentrional del polígono, en segundo lugar de acuerdo a la superficie que ocupa se encuentra el semiseco templado BS1kw, representado en la región central y occidental del área, con el 11.32% el seco semicálido BS₀h se distribuye en la porción centro-este del polígono y por último en la parte sur se ubica el subtipo muy seco y cálido BWhw que representa el 5.66% de la superficie total. El

régimen de precipitación está dividido por una formación montañosa (sierras de Gomas, Pájaros Azules, Obayos y Santa Rosa) que forman una barrera con dirección sureste-noroeste, la parte occidental de estas serranías (municipios de Escobedo, Monclova, Castaños y Bustamante) tienen una precipitación media de 352 mm anuales y una temperatura de 20°C, mientras que en la porción oriental (Melchor Múzquiz, Sabinas, Candela, Progreso, Juárez y Lampazos) se precipitan en promedio 454 mm al año y la temperatura media es 22°C (Apéndice 4); en las dos regiones el mes más frío es Enero con 3 a 4°C y el más caliente es Julio con una variación de 35 a 37°C, la época lluviosa en toda el área inicia en Mayo y termina en Octubre, ésta presenta un periodo de sequía intraestival que ocurre entre Junio y Julio, la temporada de lluvias coincide con los meses más calientes del año. Los vientos dominantes provienen del noreste, en el invierno se presentan vientos fríos procedentes del hemisferio norte (Anónimo, 2001b).

Vegetación

De acuerdo a Villarreal y Valdés (1992-93) y Anónimo (2001b) la cubierta vegetal del área es de porte arbustivo, los tipos de vegetación más abundantes son: Matorral tamaulipeco (Muller, 1947) y Matorral Desértico Chihuahuense (Henrickson y Johnston, 1983), este último se integra por dos comunidades: matorral micrófilo y matorral rosetófilo.

El matorral tamaulipeco ocupa la región norte del área de estudio, se encuentra sobre planicies y lomeríos entre los 240 y 850 m de altitud, ubicados al este de la sierra de Santa Rosa, Obayos y Pájaros Azules, en la vegetación dominan arbustos espinosos y algunos inermes, las especies más frecuentes son *Acacia rigidula*, *Leucophyllum frutescens*, *Prosopis glandulosa*, *Cercidium texanum*, *Guaiacum angustifolium*, *Karwinskia humboldtiana* y *Celtis pallida*, las herbáceas más abundantes son gramíneas de los géneros: *Bouteloua*, *Aristida* y *Tridens*.

El matorral micrófilo se localiza en la zona sur, en los sitios más xéricos, en suelos planos y aluviales, de textura fina, las especies dominantes poseen hojas pequeñas y en general forman asociaciones abiertas, las más frecuentes son: *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Parthenium incanum* y *Prosopis glandulosa*, otras especies asociadas son *Mimosa biuncifera*, *Opuntia leptocaulis*, *Jatropha dioica* y *Fouquieria splendens*.

El matorral rosetófilo se encuentra en las laderas de sierras y lomeríos, sobre suelos someros, pedregosos y con buen drenaje, las especies dominantes presentan hojas dispuestas en roseta, la más abundante es *Agave lechuguilla*, la cual forma colonias rizomatosas, otras arbustivas frecuentes son: *Parthenium argentatum*, *Jefea brevifolia*, *Hechtia texensis*, *Opuntia microdasys*, *Viguiera stenoloba* y *Dasyllirion cedrosanum*.

Metodología

Se establecieron de manera selectiva (variación en la composición florística y microrrelieve) 53 sitios de muestreo circulares de 100 m²; la medición de la vegetación se realizó mediante el método de parcela (Mueller-Dombois y ElleMBERG, 1974), para cada sitio se cuantificó la altura y cobertura de arbustivas, además de registrar su identidad específica; las herbáceas se midieron en una parcela de 2 m², la información de árboles (individuos con diámetro \geq 5cm) se tomó en sitios de 500 m² (Figura 2), donde se registró la altura, cobertura de copa y diámetro del tronco. Se recolectaron muestras botánicas de las especies que presentaron flores o frutos, las cuales se herborizaron e incluyeron en la colección del herbario ANSM (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro), la nomenclatura de estas se revisó en la base de datos: International plant name index (<http://www.ipni.org>). Cada sitio de muestreo fue georreferenciado con un receptor GPS, además de registrar la altitud (tomada de un altímetro-barómetro). Las asociaciones

vegetales se nombraron de acuerdo a las especies estructuralmente más importantes y los criterios de Villarreal y Valdés (1992-93).

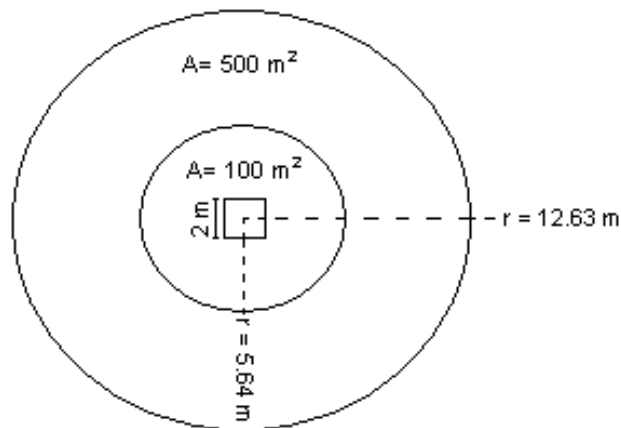


Figura 2. Diseño de las parcelas de muestreo

Afinidad y distribución florística

Se revisó la afinidad de la flora a nivel de género de acuerdo a los criterios de Rzedowski, (1978); para determinar la distribución de las especies por provincia florística se utilizaron las contribuciones de Correll y Johnston, (1970), González *et al.*, (2007), Rzedowski, (1978), Villarreal y Estrada, (2008) y Villarreal, (1994, 2001).

Clasificación de la vegetación

Para clasificar la vegetación del área, se realizó un análisis de conglomerados (Cluster analysis) a través del método de Ward (varianza mínima), mediante la técnica de Clasificación Jerárquica Politécnica Aglomerativa (Manly, 1986; Digby y Kempton, 1987) y el software NTSYSpc versión 2.0 (Rohlf, 1998), se utilizó el índice de similitud de Morissita, con dicho método se trabajaron los datos de cobertura de 69 especies leñosas.

Atributos estructurales

Para cada asociación de especies se calculó la densidad, frecuencia y la dominancia absoluta y relativa por especie, los valores relativos de tales atributos se combinaron para obtener el Valor de Importancia Relativa (en lo sucesivo VIR), (Mueller - Dombois y Ellenberg, 1974). Las ecuaciones para calcular los atributos son las siguientes:

$$Densidad = \frac{Número \ de \ especies}{Área \ muestreada}$$

$$Densidad \ relativa = \frac{Densidad \ por \ especie}{Densidad \ de \ todas \ las \ especies} (100)$$

$$Dominancia = \frac{Cobertura \ de \ copa}{Área \ muestreada}$$

$$Dominancia \ relativa = \frac{Dominancia \ por \ especie}{Dominancia \ de \ todas \ las \ especies} (100)$$

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

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

$$Valor \ de \ importancia = \frac{Dens. \ rel. + Dom. \ rel. + Frec. \ rel.}{3}$$

Diversidad Alfa

La diversidad alfa por asociación se estimó de acuerdo a Magurran (1988), para ello se emplearon métodos que utilizan la riqueza de especies (Índice de riqueza de Margalef) y métodos basados en la estructura de la vegetación, (Índice de Shannon-Wiener, índice de dominancia de Berger-Parker y Equitatividad de Pielou).

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).

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

Donde:

S= número de especies registradas

N= número total de individuos de todas las especies

Índice de dominancia de Berger-Parker

Expresa la importancia proporcional de las especies más abundantes, un incremento en el valor de este índice se interpreta como un aumento en la dominancia y una disminución en la equidad (Magurran, 1988).

$$d = \frac{N_{\max}}{N}$$

Donde:

N_{\max} = número de individuos de la especie más abundante

N= número total de individuos de todas las especies

Índice de Shannon-Wiener

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988).

$$H' = \sum (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde:

p_i es la dominancia relativa de las especies en cada sitio de muestreo.

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.

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

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

Similitud y diversidad Beta

El análisis de similitud florística y de diversidad beta se analizó en términos de pérdida o ganancia de especies entre las asociaciones, para esto se utilizaron datos de presencia/ausencia.

Índice de similitud de Jaccard

Expresa el grado en que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas; el intervalo de valores para este índice oscila entre 0 cuando no hay especies compartidas a 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Magurran, 1988).

$$I_J = \frac{c}{a+b-c}$$

Donde:

a= número de especies presentes en el sitio A

b= número de especies presentes en el sitio B

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B

Índice de diversidad beta de Wilson y Shmida

De acuerdo a Moreno (2001), este índice se basa en términos de especies ganadas y perdidas a lo largo de un transecto según el índice de Cody (1975), y el valor promedio de la riqueza de las muestras (alfa promedio) del índice de Whittaker (1972).

$$\beta = \frac{g(H) + p(H)}{2\bar{\alpha}}$$

Donde:

$g(H)$ = número de especies ganadas entre un par de muestras

$p(H)$ = número de especies perdidas entre un par de muestras

$\bar{\alpha}$ = riqueza promedio de las dos muestras

Ordenación del matorral xerófilo

Con la finalidad de obtener la ordenación de la vegetación mediante variables ambientales, los datos de cobertura relativa de las especies se sometieron a técnicas de

ordenación multivariadas, para lo cual se utilizó el análisis de correspondencia canónica (CCA) (Ter Braak, 1986 y 1987) mediante el programa CANOCO versión 4.0 para Windows (Ter Braak y Smilauer, 1988) y CANODRAW versión 2.1 (Smilauer, 1992) para obtener los diagramas de ordenación; las variables ambientales utilizadas fueron: precipitación y temperatura media anual, tipo de suelo, litología, pendiente, textura, topografía, altitud, longitud y latitud, los datos de las variables climáticas se obtuvieron por interpolación de la información de un análisis de regresión lineal múltiple realizado con registros de los últimos 10 años, provenientes de las estaciones climatológicas más cercanas al área de estudio; las variables utilizadas fueron: altitud en base al modelo digital del terreno (variable 1), latitud (variable 2), longitud (variable 3) y de esta manera se obtuvo el modelo digital de los valores medios anuales de precipitación y temperatura, las variables geológicas, edáficas y topográficas se obtuvieron de la base de datos cartográfica, escala 1:250,000 (Anónimo, 2001a). Los pasos realizados para obtener la ordenación canónica son los siguientes:

- 1) Se realizó un análisis de gradiente indirecto mediante análisis de correspondencia desprovisto de tendencia (DCA) para diferenciar la racionalidad del modelo de respuesta, esto es entre un comportamiento lineal o unimodal de los datos de las especies, ya que para ordenar la vegetación mediante variables ambientales es necesario que las especies presenten un modelo de respuesta unimodal (Ter Braak y Smilauer, 1998); se justifica la aplicación de dicho modelo cuando los datos del DCA presentan una longitud de gradiente asociada al primer eje igual o mayor a 3 unidades de desviación estándar (Ter Braak, 1988, Ter Braak y Smilauer, 1998).

2) Se aplicó un análisis de correspondencia (AC) como esquema de ordenación para mostrar la relación que presentan los sitios y las especies intrínsecamente, es decir, sin considerar de manera explícita la influencia de las variables ambientales.

3) Se realizó un análisis de gradiente directo (CCA) para registrar el grado de asociación de variables físicas y atributos de la vegetación, en el cual se considera que la cobertura de las especies alcanza un desarrollo óptimo en un rango específico de una variable ambiental determinada (Ter Braak, 1988).

4) Finalmente se realizó una prueba de permutación de Monte Carlo para el primer eje canónico a través del propio programa CANOCO, para comprobar si la variación de la información de las especies, se debe a las variables ambientales o a efectos aleatorios.

Análisis previos de la información permitieron realizar ajustes a los datos de las especies y de las variables ambientales para obtener resultados más objetivos, dichas modificaciones son: a) para evitar la influencia de las especies raras se eliminaron todas las taxa cuya cobertura relativa total fue inferior a 4 m², b) se eliminaron los sitios 22, 23, 42, 40, 41, 27, 30, 33, 34 y 43 pues la especie dominante en estos (*Prosopis glandulosa*) se comporta como ubicuista y no responde notablemente a ninguna de las variables evaluadas, c) dentro de las variables ambientales se eliminó el tipo de suelo, textura, topografía, latitud y longitud debido a que no tenían una influencia significativa en la ordenación o a posibles efectos de multicolinealidad (que ocultan la influencia de otra variable), realizados estos ajustes se llevó a cabo el proceso de ordenación definitiva.

RESULTADOS

Composición florística

Como parte de la flora se registraron 137 especies, distribuidas en 34 familias y 107 géneros (Apéndice 1), las familias más importantes son: Asteraceae con 20 especies, Fabaceae (17), Cactaceae (17), Poaceae (13) y Euphorbiaceae (10) (Figura 3), los géneros más numerosos son: *Opuntia* y *Acacia* ambos con cinco especies, le siguen *Bouteloua* y *Euphorbia* con cuatro. De la flora observada, las monocotiledóneas representan el 13.14% y las dicotiledóneas el 86.86%, con relación a las formas de vida: 69 especies son herbáceas, 65 arbustivas y tres crecen tanto como arbustos o árboles: *Prosopis glandulosa*, *Acacia farnesiana* y *A. greggii*.

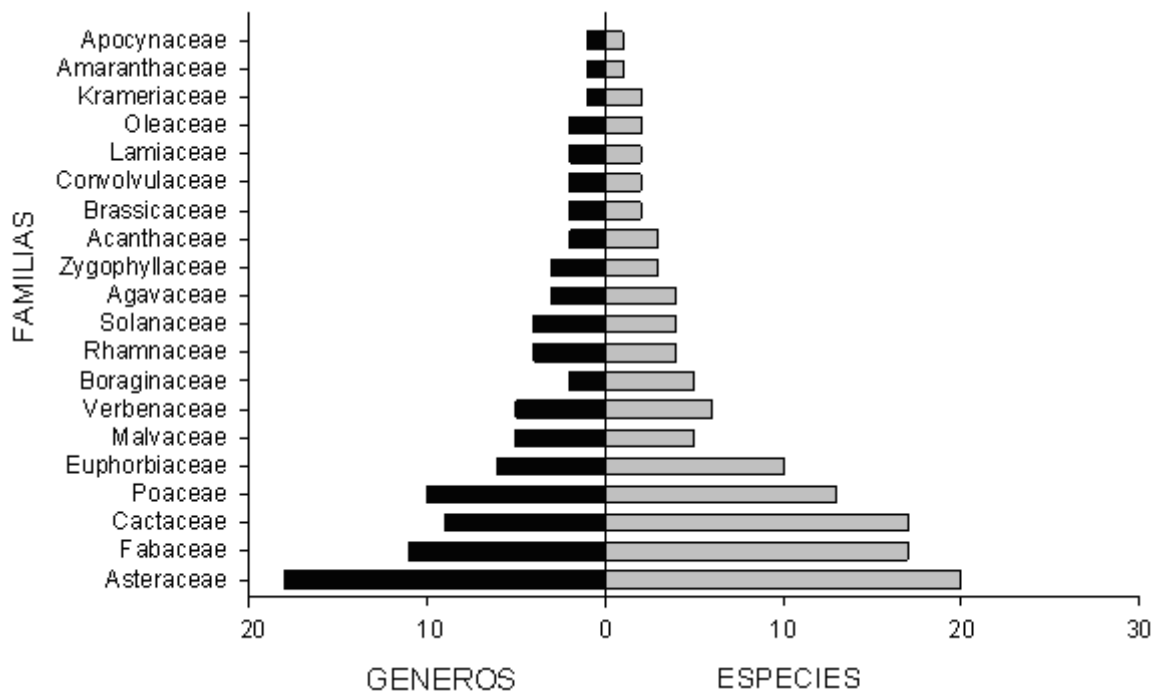


Figura 3. Familias con mayor riqueza de géneros y especies en el área de estudio.

Afinidad y distribución de la flora

De acuerdo a las relaciones fitogeográficas de la flora del área, el componente más importante es el neotropical (70.09%), los géneros más representativos de éste son *Acacia* y *Euphorbia*, le siguen el endémico y el holártico con el 25.23 y 4.67% respectivamente (Cuadro 1), como parte de la flora endémica destacan por su riqueza *Opuntia* y *Thelocactus*, mientras que *Celtis* y *Salvia* son los géneros más frecuentes de afinidad holártica. Con relación a la distribución de las especies el 75.91% de la riqueza (104 especies) forman parte de la provincia florística de la Altiplanicie, mientras que el 18.97% (26 especies) son propias de la Planicie Costera del Noreste y solo el 5.10% presentan una distribución que abarca las dos provincias florísticas (Apéndice 2).

Cuadro 1. Afinidad fitogeográfica de los géneros y distribución de las especies por provincia florística.

Afinidad fitogeográfica	No. de géneros	%	Provincia florística	No. de especies	%
Neotropical	75	70.09	Altiplanicie	104	75.91
Endémico	27	25.23	Planicie Costera del Noreste	26	18.97
Holártico	5	4.67	Ambas	7	5.10
Total	107	100.00	Total	137	100.00

Clasificación de los sitios de muestreo

El análisis de conglomerados (Figura 4) delimitó la vegetación del área en tres grandes grupos o tipos de vegetación: Matorral Desértico Chihuahuense, Matorral Tamaulipeco y Mezquital (20% de similitud), los cuales a su vez se dividen en cinco asociaciones vegetales (52% de similitud); en general, cada asociación se integra por elementos de los tres tipos de vegetación, por lo cual su diferenciación se debe a elevados valores

estructurales de algunas especies como *Larrea tridentata*, *Agave lechuguilla*, *Flourensia cernua*, *Lippia graveolens*, *Leucophyllum frutescens*, *Acacia rigidula*, *Castela erecta* y *Prosopis glandulosa*. El grupo cuatro es el de mayor número de sitios con 20 y caracteriza el Matorral Tamaulipeco, mientras que en los grupos uno y dos (12 y 8 sitios) dominan especies del Matorral Desértico Chihuahuense, por su parte el grupo tres presenta elementos florísticos de ambos tipos de vegetación y la quinta agrupación representa a los mezquitales (10 sitios).

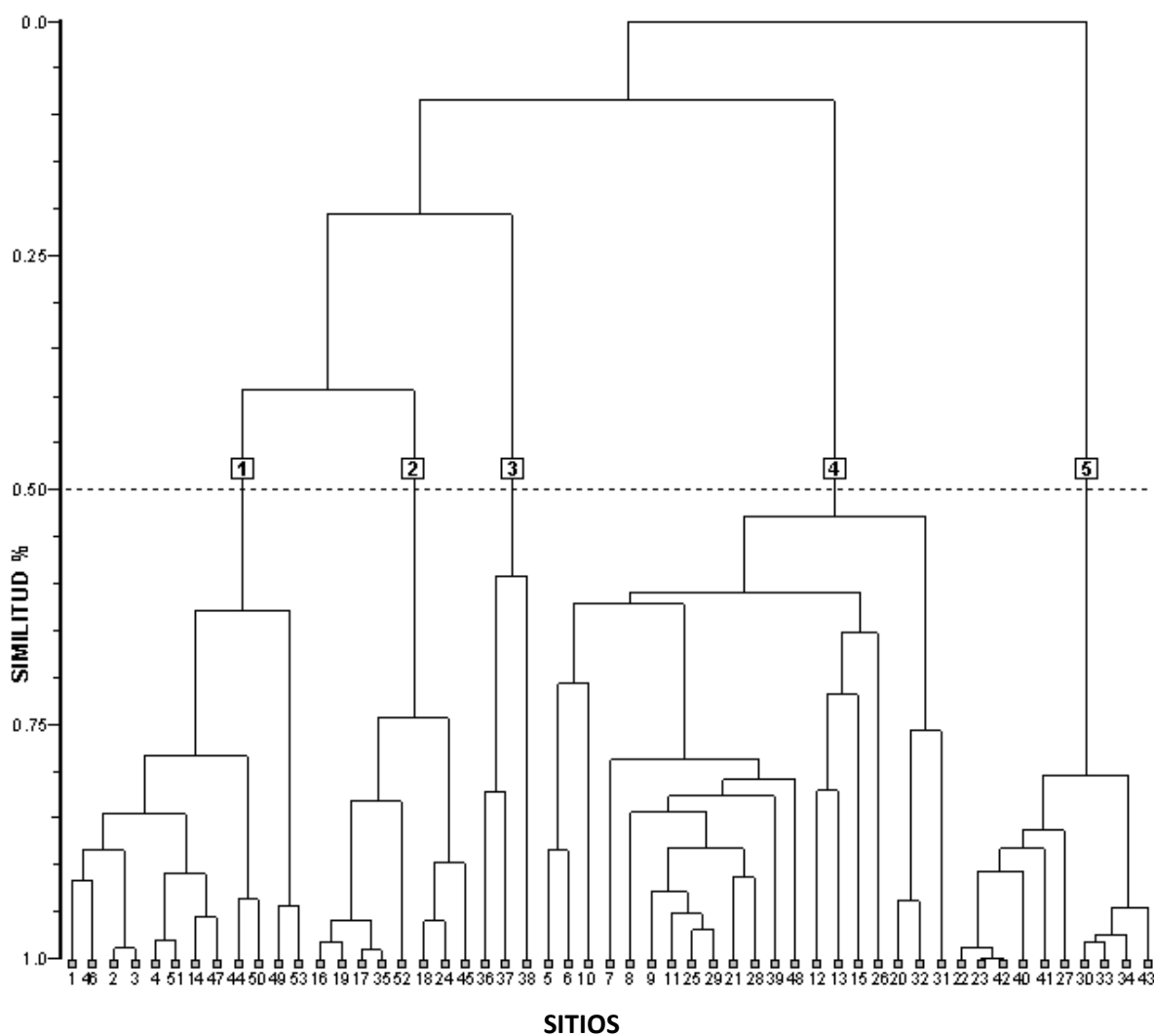


Figura 4. Clasificación de los sitios de muestreo.

Aspectos estructurales de las asociaciones del matorral xerófilo

Grupo 1.- Matorral de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata*: Se distribuye en la mayor parte de la región occidental del área, donde la altitud es superior a los 500 m, sobre planicies aluviales, así como en laderas de sierras con suelos pedregosos y superficiales. Se trata de un matorral abierto con una cobertura del 40% y un altura promedio de 1 m, está dominado por especies micrófilas, aunque también son frecuentes las rosetófilas y algunas crasas. Las dominantes fisonómicas forman un estrato de 1 a 1.30 m de altura, donde son comunes: gobernadora (*Larrea tridentata*) y orégano (*Lippia graveolens*), con una cobertura equivalente al 50.04% y un valor de importancia relativa (VIR) de 27.50% (Cuadro 2). Un segundo grupo de plantas estructuralmente importantes crecen en un estrato inferior a 0.60 m, donde la especie más importante del estrato y de la asociación es la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), con 2,883 ind/ha y un VIR (18.50%), otras plantas frecuentes en este estrato son: tasajillo (*Opuntia leptocaulis*) y sangre de drago (*Jatropha dioica*) con un VIR de 7.14 y 7.05%. La única especie que sobresale en el matorral (altura media 2 m) es la albarda (*Fouquieria splendens*), la cual a pesar de su distribución aislada y su baja frecuencia tiene un VIR de 5.67%; las 32 especies restantes integran el 23.9% de la cobertura vegetal y el 34.11% del VIR. Un aspecto a resaltar en este grupo es la alta riqueza de cactáceas, ya que el 39% de los taxa registrados pertenecen a dicha familia florística. Referente al estrato herbáceo, se registraron 18 especies, las cuales crecen aisladas y con baja densidad, su distribución se limita a sitios con disponibilidad de humedad, las dominantes son perennes y pertenecen a la familia Boraginaceae, así, la oreja de ratón (*Tiquilia canescens*) y las hierbas escorpión (*Heliotropium torreyi* y *H. greggii*) presentan el 49.09% del VIR y el 39.70% de la densidad total.

Cuadro 2. Atributos estructurales del Matorral de *Agave lechuguilla* - *Larrea tridentata*.

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Agave lechuguilla</i>	34.8	7.36	2,883	39.49	8.65	18.50
<i>Larrea tridentata</i>	110.3	33.14	917	12.55	7.69	17.79
<i>Lippia graveolens</i>	126.3	16.90	542	7.42	4.80	9.71
<i>Opuntia leptocaulis</i>	73.7	6.50	458	6.27	8.65	7.14
<i>Jatropha dioica</i>	58.0	2.08	900	12.32	6.73	7.05
<i>Fouquieria splendens</i>	200.8	9.99	92	1.25	5.76	5.67
<i>Opuntia lindheimeri</i>	54.9	7.15	275	3.76	5.76	5.56
<i>Flourensia cernua</i>	98.6	4.26	308	4.22	5.76	4.75
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	47.3	0.40	183	2.51	2.88	1.93
<i>Parthenium incanum</i>	50.5	0.42	75	1.02	3.84	1.76
Otras especies (28)	70.6	11.74	667	9.13	39.42	20.10
ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Tiquilia canescens</i>	5.5	49.99	2,500	6.45	7.40	21.28
<i>Heliotropium torreyi</i>	7.0	33.74	833	2.15	7.40	14.43
<i>Heliotropium greggii</i>	3.4	1.56	12,083	31.18	7.40	13.38
<i>Bouteloua barbata</i>	6.3	2.47	3,750	9.67	11.11	7.75
<i>Allonia incarnata</i>	2.5	1.63	5,417	13.97	7.40	7.67
<i>Bouteloua trifida</i>	6.5	0.83	3,333	8.60	7.40	5.61
<i>Nerisyrenia incana</i>	2.5	0.04	1,250	3.22	7.40	3.55
<i>Euphorbia nutans</i>	2.5	0.73	833	2.15	7.40	3.42
<i>Dasyochloa pulchella</i>	5.0	0.96	2,083	5.37	3.70	3.34
<i>Euphorbia serrula</i>	4.0	3.03	1,250	3.22	3.70	3.32
Otras especies (8)	5.8	4.97	5,417	13.97	29.63	16.15

* Valor de Importancia: Dom Rel. + Dens rel. + Frec rel. / 3

Grupo 2.- Matorral de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata*: Es una asociación propia de planicies aluviales con suelos profundos, la mayoría de sus sitios se concentran en el centro del área de estudio en altitudes que van de 300 a 400 m. La vegetación se caracteriza por el predominio de arbustos micrófilos, con alturas promedio de 0.80 m y coberturas que no exceden el 50%. La especies dominantes son: el hojaseñ (*Flourensia cernua*) y la gobernadora (*Larrea tridentata*), las cuales integran el 77.49% de la cobertura

vegetal y el 61.84% del VIR, sin embargo, la primera es la más importante, ya que por sí sola conforma en 50% de la estructura del matorral (Cuadro 3), otras arbustivas menos frecuentes son: el tasajillo (*Opuntia leptocaulis*), el palo verde (*Cercidium texanum*), el chaparro amargoso (*Castela erecta*) y el guayacán (*Guaiacum angustifolium*) con valores de importancia entre 2.57 y 7.09%. Un rasgo particular de esta asociación es la presencia constante de arbustos y árboles pequeños (2.5 m de altura media) de mezquite (*Prosopis glandulosa*) los cuales crecen aislados a través del matorral, incluso, a menudo la distribución de esta asociación se liga a la de matorrales dominados por dicha especie. El estrato herbáceo se compone por 11 especies, las más representativas son: el zacate navajita morada (*Bouteloua trifida*), la oreja de ratón (*Tiquilia canescens*) y el zacate toboso (*Pleuraphis mutica*), especies que integran el 68% del VIR, las herbáceas restantes son poco abundantes y tienen valores estructurales que no superan el 8%.

Cuadro 3. Atributos estructurales del Matorral de *Flourensia cernua* - *Larrea tridentata*.

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Flourensia cernua</i>	80.1	54.63	5,525	69.93	15.09	46.55
<i>Larrea tridentata</i>	111.5	22.86	925	11.70	11.32	15.29
<i>Opuntia leptocaulis</i>	68.3	4.74	413	5.22	11.32	7.09
<i>Cercidium texanum</i>	131.4	3.61	88	1.10	9.43	4.71
<i>Prosopis glandulosa</i>	161.5	3.88	150	1.89	7.54	4.44
<i>Castela erecta</i>	106.7	2.52	88	1.10	5.66	3.09
<i>Guaiacum angustifolium</i>	97.3	1.10	75	0.94	5.66	2.57
<i>Yucca treculeana</i>	145.0	1.45	75	0.94	3.77	2.05
<i>Citharexylum brachyanthum</i>	110.0	0.90	75	0.94	3.77	1.87
<i>Opuntia phaeacantha</i>	36.1	0.97	213	2.69	1.88	1.85
Otras especies (11)	72.4	3.29	275	3.48	24.52	10.43
ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp.* (%)
<i>Bouteloua trifida</i>	8.1	25.46	60,833	70.87	23.07	39.80
<i>Tiquilia canescens</i>	3.7	41.15	2,500	2.91	7.69	17.25
<i>Pleuraphis mutica</i>	18.0	13.31	10,833	12.62	7.69	11.21

<i>Psilostrophe gnaphalodes</i>	23.0	13.15	2,500	2.91	7.69	7.92
<i>Allionia incarnata</i>	1.5	2.77	1,667	1.94	7.69	4.13
<i>Bouteloua curtipendula</i>	25.0	2.54	1,667	1.94	7.69	4.06
<i>Chamaesaracha coronopus</i>	3.0	0.66	1,667	1.94	7.69	3.43
<i>Nerisyrenia incana</i>	6.0	0.33	1,667	1.94	7.69	3.32
<i>Ruellia nudiflora</i>	2.0	0.29	833	0.97	7.69	2.98
<i>Sida abutifolia</i>	2.0	0.18	833	0.97	7.69	2.95
<i>Argythamnia neomexicana</i>	3.0	0.10	833	0.97	7.69	2.92

* Valor de Importancia: Dom Rel. + Dens rel. + Frec rel. / 3

Grupo 3.- Matorral de *Lippia graveolens*-*Leucophyllum frutescens*: Se distribuye en la parte superior de pequeñas mesetas y lomeríos de la región septentrional del área de estudio, en una altitud media de 350 m, con frecuencia asociada a suelos pedregosos con una capa petrocálcica poco profunda. El matorral tiene una cobertura media del 60% y una altura de 1.20 m, las especies más representativas son micrófilas e inermes, de esta manera el orégano (*Lippia graveolens*) y el cenizo (*Leucophyllum frutescens*) constituyen el principal componente fisonómico y estructural de la asociación con densidades y VIR que representan el 61.66% y el 50.17% del total registrado respectivamente (Cuadro 4), de manera codominante se presentan la escalerilla (*Viguiera stenoloba*) y la gobernadora (*Larrea tridentata*) con magnitudes en el VIR entre 12.81 y 13.75%. Una variante de este matorral se observa a través de laderas de lomeríos donde el caliche es menos frecuente y la pedregosidad es mayor, en estas condiciones edáficas el matorral tiene una cobertura mayor (80%) y son particularmente importantes especies como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y la caliandra (*Calliandra conferta*) las cuales en la otra variante son escasas o no se presentan. Las herbáceas son abundantes, sobretodo en el verano, estación en la cual forman un estrato denso de 6.5 cm de alto, como parte de éste se registraron 18 especies, de las cuales, las dominantes son: la hierba del borrego (*Gnaphalopsis micropides*) y el melampodio (*Melampodium cinereum*), especies que suman un VIR de

46.80%, otra herbácea frecuente es la hierba de San José (*Menodora scabra*) con un VIR de 10.50%.

Cuadro 4. Atributos estructurales del Matorral de *Lippia graveolens*- *Leucophyllum frutescens*.

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Lippia graveolens</i>	53.9	34.46	2,433	30.41	12.50	25.79
<i>Leucophyllum frutescens</i>	96.6	29.39	2,500	31.25	12.50	24.38
<i>Viguiera stenoloba</i>	61.1	10.42	1,466	18.33	12.50	13.75
<i>Larrea tridentata</i>	111.2	16.77	733	9.16	12.50	12.81
<i>Jatropha dioica</i>	61.2	2.04	266	3.33	8.33	4.57
<i>Krameria erecta</i>	29.2	1.21	266	3.33	8.33	4.29
<i>Citharexylum brachyanthum</i>	175.0	3.32	66	0.83	4.16	2.77
<i>Opuntia leptocaulis</i>	115.0	0.51	66	0.83	4.16	1.83
<i>Acacia rigidula</i>	150.0	0.69	33	0.41	4.16	1.76
<i>Opuntia lindheimeri</i>	52.0	0.59	33	0.41	4.16	1.72
Otras especies (4)	44.7	0.54	133	1.66	16.66	6.29
ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Gnaphalopsis micropoides</i>	4.8	45.58	226,667	41.33	11.53	32.81
<i>Melampodium cinereum</i>	9.4	14.82	106,667	19.45	7.69	13.99
<i>Menodora scabra</i>	16.6	20.46	18,333	3.34	7.69	10.50
<i>Nerisyrenia incana</i>	6.1	2.84	46,667	8.51	7.69	6.35
<i>Verbena neomexicana</i>	7.0	4.01	50,000	9.11	3.84	5.65
<i>Bouteloua trifida</i>	3.4	0.58	20,000	3.64	11.53	5.25
<i>Dalea eriophylla</i>	13.0	6.74	3,333	0.60	3.84	3.73
<i>Ambrosia confertiflora</i>	4.8	0.87	13,333	2.43	7.69	3.66
<i>Dalea aurea</i>	6.7	2.20	21,667	3.95	3.84	3.33
<i>Senna demissa</i>	3.3	0.29	11,667	2.12	3.84	2.08
Otras especies (8)	5.3	1.57	30,000	5.47	30.76	12.60

* Valor de Importancia: Dom Rel. + Dens rel. + Frec rel. / 3

Grupo 4.- Matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla*: Se presenta en laderas y abanicos aluviales de lomeríos y montañas ubicados en la región oriente del área de estudio, sobre sustratos calizos con suelos superficiales y pedregosos, así como en

suelos profundos de origen ígneo, en altitudes que van de los 320 a los 750 m. El matorral se caracteriza por una riqueza alta de arbustos que en general integran una vegetación subinerme, con una cobertura vegetal promedio del 70%. En la estructura vertical se diferencian dos estratos: el superior (0.80 a 1.50 m de altura), donde, la especie mejor representada (del estrato y la asociación) es el chaparro prieto (*Acacia rigidula*) con una cobertura del 34.53% y un VIR de 18.53%, (Cuadro 5), de manera codominante se presentan el nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*), el orégano (*Lippia graveolens*) y el cenizo (*Leucophyllum frutescens*) con valores de importancia entre 6 y 7%. El segundo estrato es inferior a 0.60 m, como parte de él se encuentran la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y sangre de drago (*Jatropha dioica*), especies que se ubican en el segundo y tercer lugar en cuanto a importancia estructural de la asociación (14.16 y 7.23% de VIR), el resto de los arbustos se distribuyen en proporciones semejantes entre los dos estratos pero con valores estructurales bajos (cobertura y VIR inferiores al 4%); es importante señalar que en ocasiones el matorral no presenta una estratificación clara y las especies tienen alturas similares, lo anterior se observa en sitios con menor altitud y mayor humedad, donde faltan *Agave lechuguilla* y *Jatropha dioica*, en su lugar se presenta el coyotillo (*Karwinskia humboldtiana*). Una variante de este matorral se presenta en sitios con sustratos ígneos donde el chaparro prieto (*Acacia rigidula*) junto con el nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*) y el jazmincillo (*Aloysia gratissima*) crecen de manera abundante en zacatales de *Hilaria mutica*, a tal grado que la fisonomía se asemeja más a un matorral que a un zacatal, esto causado por el sobreapacentamiento bovino. El estrato herbáceo es variable y cambia con el sustrato geológico, la riqueza de éste es 40 especies, con predominio de plantas perennes de las familias Poaceae y Asteraceae, las más abundantes son el zacate navajita morada (*Bouteloua trifida*), la hierba del borrego (*Gnaphalopsis micropoides*) y el zacate toboso (*Pleuraphis mutica*), herbáceas que aportan al estrato el 40% de la estructura.

Cuadro 5. Atributos estructurales del Matorral de *Acacia rigidula*- *Agave lechuguilla*.

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Acacia rigidula</i>	140.4	34.53	1,675	12.50	8.55	18.53
<i>Agave lechuguilla</i>	39.4	6.24	4,310	32.18	4.05	14.16
<i>Jatropha dioica</i>	57.3	3.02	1,655	12.35	6.30	7.23
<i>Opuntia lindheimeri</i>	70.0	8.53	585	4.36	7.20	6.70
<i>Lippia graveolens</i>	76.1	5.12	1,115	8.32	6.30	6.58
<i>Leucophyllum frutescens</i>	87.9	5.92	780	5.82	6.30	6.01
<i>Opuntia leptocaulis</i>	69.7	2.62	295	2.20	6.75	3.86
<i>Larrea tridentata</i>	108.7	4.96	200	1.49	2.70	3.05
<i>Eysenhardtia texana</i>	144.5	3.39	230	1.71	3.60	2.90
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	84.1	3.10	255	1.90	3.15	2.72
Otras especies (45)	86.2	22.51	2,290	17.10	45.04	28.22
ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Bouteloua trifida</i>	10.2	11.22	80,000	32.38	15.38	19.66
<i>Gnaphalopsis micropoides</i>	5.8	11.33	37,333	15.11	7.69	11.38
<i>Pleuraphis mutica</i>	23.3	23.78	8,667	3.50	2.56	9.95
<i>Tiquilia canescens</i>	10.3	11.33	4,667	1.88	3.84	5.69
<i>Nerisyrenia incana</i>	4.6	1.49	20,333	8.23	5.12	4.95
<i>Gutierrezia texana</i>	15.0	6.96	6,000	2.42	5.12	4.83
<i>Melampodium cinereum</i>	6.4	4.76	20,667	8.36	1.28	4.80
<i>Panicum hallii</i>	20.3	2.54	6,333	2.56	5.12	3.41
<i>Ruellia nudiflora</i>	14.2	3.49	5,000	2.02	3.84	3.12
<i>Aphanostephus ramosissimus</i>	10.3	2.96	7,000	2.83	2.56	2.78
Otras especies (30)	10.1	20.11	51,000	20.64	47.43	29.39

* Valor de Importancia: Dom Rel. + Dens rel. + Frec rel. / 3

Grupo 5.- Matorral de *Prosopis glandulosa*-*Castela erecta*: Su distribución se restringe a corrientes intermitentes, con suelos profundos de origen aluvial, además de sitios que se inundan por periodos cortos en la época de lluvias, así como en zonas próximas a embalses. Se trata de un matorral espinoso con una cobertura media del 65%, dominado por el mezquite (*Prosopis glandulosa*), especie que forma un estrato de 1.20 a 1.80 m de

altura y que constituye el 40% de la estructura de la asociación (Cuadro 6), como parte importante de este estrato se presentan el guayacán (*Guaiacum angustifolium*), huizache (*Acacia constricta*), jazmincillo (*Aloysia gratissima*) y uña de gato (*Acacia greggii*) con VIR entre 3.78 y 4.64%; mientras que el chaparro amargoso (*Castela erecta*), el nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*) y la bizbirinda (*Ziziphus obtusifolia*) son frecuentes en un estrato inferior a 1 m de altura, asimismo son parte importante de la estructura ya que ocupan los primeros cuatro lugares en cuanto al VIR (7.55 a 10.71%); el resto de las especies (12) aportan el 3.2% de la cobertura del matorral y el 17.03% del VIR. Una variante de esta asociación se tiene cuando el mezquite (*Prosopis glandulosa*) presenta dimensiones arbóreas (altura y diámetro medio de 3.50 m y 15.3 cm respectivamente), esto condicionado por la humedad, de igual manera que en la forma de matorral, en esta variante *Prosopis glandulosa* también es la especie dominante (60% de la estructura), se asocian a ella, la uña de gato (*Acacia greggii*) y el huizache (*A. farnesiana*) con dimensiones similares (altura 3.35 m y diámetro 15.15 cm), pero con VIR inferiores (26.30 y 9.47% respectivamente). Se registraron 31 herbáceas, las cuales forman un estrato de 15 cm de altura, denso y continuo, donde son mayoría las especies anuales, su composición es variable en relación a la disponibilidad de humedad, así en sitios menos húmedos las hierbas más abundantes son: el zacate toboso (*Pleuraphis mutica*), huizachillo (*Desmanthus virgatus*) y la malva (*Malvastrum coromandelianum*) con un VIR de 34.97%, en sitios con más humedad domina el zacate buffel (*Pennisetum ciliare*).

Cuadro 6. Atributos estructurales del Matorral de *Prosopis glandulosa*-*Castela erecta*.

ESTRATO ARBÓREO							
Especie	Diam. medio (cm)	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de Imp. (%)*
<i>Prosopis glandulosa</i>	15.3	358	77.15	135	71.05	44.44	64.21
<i>Acacia greggii</i>	12.3	313	16.06	35	18.42	44.44	26.30
<i>Acacia farnesiana</i>	18.0	363	6.78	20	10.52	11.11	9.47

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Prosopis glandulosa</i>	121.6	62.52	2,233	48.55	12.76	41.28
<i>Castela erecta</i>	102.9	7.37	650	14.13	10.63	10.71
<i>Opuntia lindheimeri</i>	71.7	6.89	317	6.88	10.63	8.13
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	93.6	5.47	400	8.69	8.51	7.55
<i>Guaiacum angustifolium</i>	155.0	2.17	150	3.26	8.51	4.64
<i>Acacia constricta</i>	150.0	5.88	100	2.17	4.25	4.10
<i>Aloysia gratissima</i>	135.9	2.07	133	2.89	6.38	3.78
<i>Echinocereus stramineus</i>	30.0	0.77	150	3.26	6.38	3.47
<i>Acacia greggii</i>	169.3	4.18	100	2.17	2.12	2.82
<i>Opuntia leptocaulis</i>	56.7	0.37	67	1.44	6.38	2.73
Otras especies (10)	65.0	2.27	300	6.52	23.40	10.73
ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp. (%)*
<i>Pleuraphis mutica</i>	21.3	34.64	26,500	14.60	7.14	18.79
<i>Desmanthus virgatus</i>	12.2	8.47	23,500	12.94	5.35	8.92
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	11.3	10.13	11,500	6.33	5.35	7.27
<i>Dyssodia pentachaeta</i>	5.4	1.49	21,500	11.84	7.14	6.82
<i>Pennisetum ciliare</i>	23.9	11.49	4,500	2.47	3.57	5.84
<i>Euphorbia postrata</i>	10.2	10.87	6,500	3.58	1.78	5.41
<i>Panicum hallii</i>	29.5	2.72	12,500	6.88	5.35	4.98
<i>Bouteloua trifida</i>	10.3	1.17	8,000	4.40	8.92	4.83
<i>Tiquilia canescens</i>	7.3	1.99	5,500	3.03	7.14	4.05
<i>Hilaria belangeri</i>	13.9	2.10	11,500	6.33	3.57	4.00
Otras especies (21)	8.1	14.89	50,000	27.54	44.64	29.02

* Valor de Importancia: Dom Rel. + Dens rel. + Frec rel. / 3

Diversidad y riqueza de especies.

Las medidas de diversidad calculadas para cada asociación se presentan en el Cuadro 7, estas mostraron una tendencia similar, a excepción del Índice de Riqueza de Margalef que varió con la superficie de muestreo y presentó el menor valor (2.4) en la tercer asociación más diversa, de acuerdo al Índice de Shannon-Wiener (Matorral de *Lippia graveolens-Leucophyllum frutescens*). La asociación con el mayor valor de este último

índice es el Matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* con 3.88 bits, seguido por el Matorral de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata* (3.27 bits) y la asociación con la menor diversidad es el Matorral de *Prosopis glandulosa*-*Castela erecta* (2.13 bits); los valores de Equitatividad varían entre 67.11 y 49.33%, estos mostraron una correspondencia positiva con el índice de Shannon-Wiener. Por su parte el Índice de dominancia de Berger-Parker presentó su mayor magnitud en el Matorral de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata* y el Matorral de *Prosopis glandulosa*-*Castela erecta* (0.69 y 0.51 respectivamente).

Cuadro 7. Índices de diversidad, Equitatividad y riqueza de las asociaciones del matorral xerófilo.

ASOCIACION	INDICADORES DE DIVERSIDAD			
	Índice de Diversidad	Equitatividad	Índice de Riqueza	Índice de Dominancia
<i>A. lechuguilla</i> - <i>L. tridentata</i>	3.27	62.27	5.5	0.39
<i>F. cernua</i> - <i>L. tridentata</i>	2.21	50.24	3.1	0.69
<i>L. graveolens</i> - <i>L. frutescens</i>	2.36	61.93	2.4	0.31
<i>A. rigidula</i> - <i>A. lechuguilla</i>	3.88	67.11	6.8	0.32
<i>P. glandulosa</i> - <i>C. erecta</i>	2.13	49.33	3.4	0.51

Similitud y Diversidad Beta.

Los valores de similitud más altos son 0.4 y 0.37, ambos están relacionados con el matorral de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata* (Cuadro 8), ya que el primer valor se obtuvo entre dicha asociación y el matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* y el segundo entre la misma agrupación y el matorral de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata*, mientras que las asociaciones con mayor diferencia en la composición de especies son el matorral de *Prosopis glandulosa*-*Castela erecta* y el de *Lippia graveolens*-*Leucophyllum frutescens*; por otra parte, debido a que los índices de similitud y la diversidad beta son medidas opuestas, la asociación con mayor valor de éste último atributo (0.70)

corresponde a la de menor similitud, mientras que el valor más bajo en la diversidad beta (0.35) ocurre entre las asociaciones de mayor semejanza.

Cuadro 8. Índice de similitud y diversidad beta de las asociaciones del matorral xerófilo.

ASOCIACION VEGETAL	ÍNDICE DE SIMILITUD DE JACCARD				
	<i>A. lechuguilla</i> - <i>L. tridentata</i>	<i>F. cernua</i> - <i>L. tridentata</i>	<i>L. graveolens</i> - <i>L. frutescens</i>	<i>A. rigidula</i> - <i>A. lechuguilla</i>	<i>P. glandulosa</i> - <i>C. erecta</i>
<i>A. lechuguilla</i> - <i>L. tridentata</i>	-----	0.37	0.26	0.40	0.23
<i>F. cernua</i> - <i>L. tridentata</i>	0.37	-----	0.20	0.28	0.28
<i>L. graveolens</i> - <i>L. frutescens</i>	0.57	0.60	-----	0.25	0.17
<i>A. rigidula</i> - <i>A. lechuguilla</i>	0.35	0.55	0.59	-----	0.31
<i>P. glandulosa</i> - <i>C. erecta</i>	0.62	0.53	0.70	0.52	-----
DIVERSIDAD BETA (WILSON Y SHMIDA)					

Ordenación de los sitios del matorral xerófilo a través de Análisis de Correspondencia (AC).

El análisis de correspondencia desprovisto de tendencia (DCA) permitió estimar una longitud de gradiente asociada al primer eje de 3.884 unidades de desviación estándar, en este análisis el porcentaje de varianza acumulada hasta el eje cuatro fue de 34.7% (Cuadro 9).

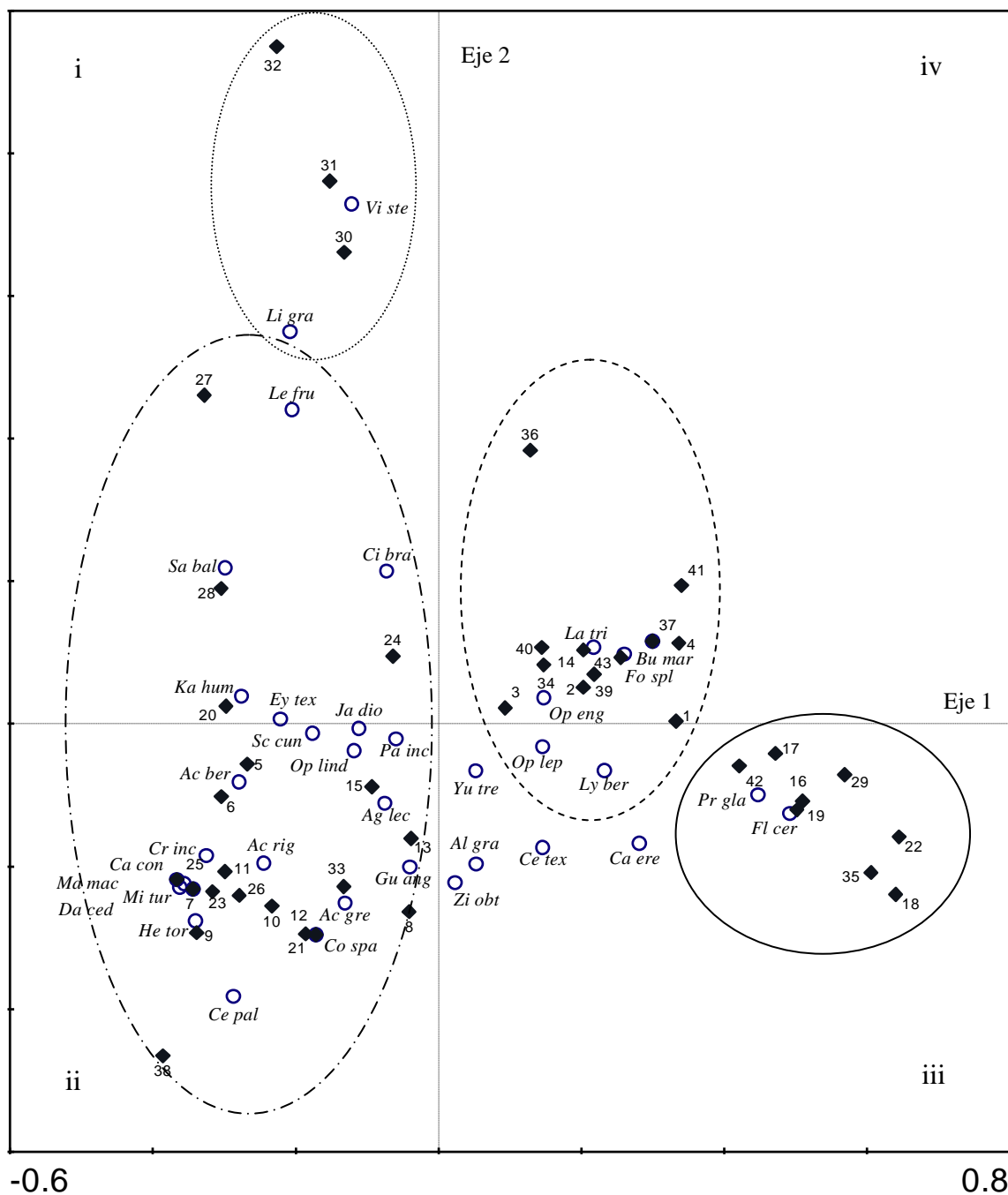
Cuadro 9. Resultados del análisis desprovisto de tendencia (DCA) y del análisis de correspondencia (AC)

ANALISIS	EJES				INERCIA TOTAL
	1	2	3	4	
DCA	Valores propios	0.668	0.469	0.219	0.128
	Longitud de gradiente	3.884	3.295	1.983	1.739
	% varianza acumulada de las especies	15.6	26.6	31.7	34.7
AC	Valores propios	0.668	0.525	0.439	0.281
	% varianza acumulada de las especies	15.6	27.9	38.2	44.8

En la Figura 5 se muestra el diagrama de ordenación de los sitios y las especies con relación a los ejes 1 y 2 del análisis de correspondencia (AC), la distribución de los sitios y las especies a través del eje 1 se atribuye a un gradiente de humedad que disminuye de izquierda a derecha, ya que la diferencia promedio y absoluta de precipitación entre un extremo del gradiente y otro oscila desde 62 hasta 141 mm anuales (Apéndice 4); de esta manera, las asociaciones con menor precipitación (matorral de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata* y matorral de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata*) se ubicaron en la porción derecha del diagrama, mientras que las más húmedas (matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* y matorral de *Lippia graveolens*-*Leucophyllum frutescens*) se localizan en la parte izquierda, la distribución de estos matorrales y de las especies asociadas es la siguiente:

Sobre el eje 1 con valores positivos (cuadrante IV) se encuentran los sitios del matorral de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata*, en ellos las especies que tienen su máxima cobertura son *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Buddleja marrubifolia* y *Opuntia engelmannii*, asociada a este grupo se encuentra *Opuntia leptocaulis* sin embargo, su mayor cobertura ocurre en el sitio 15; también sobre éste eje pero en el cuadrante III se localizan los sitios del matorral de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata*, los arbustos que alcanzan su valor más alto de cobertura en estos sitios son: *Flourensia cernua* y *Prosopis glandulosa*, como especies afines a este conglomerado se encuentran *Lycium berlandieri*, *Castela erecta* y *Cercidium texanum*, cuya cobertura máxima se presenta en los sitios 17, 16 y 33.

En la parte superior del diagrama (eje 2, valores positivos) se observa el matorral de *Lippia graveolens*-*Leucophyllum frutescens* (sitios 30, 31 y 32), la especie dominante en estos sitios es *Viguiera stenoloba*, otros taxa con centróides próximos a este grupo son



— Matorral de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata*, --- Matorral de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata*,
 Matorral de *Lippia graveolens*-*Leucophyllum frutescens*, - • Matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla*.

Los acrónimos de las especies son: *Ac ber*= *Acacia berlandieri*, *Ac gre*= *Acacia greggii*, *Ac rig*= *Acacia rigidula*, *Ag lec*= *Agave lechuguilla*, *Al gra*= *Aloysia gratissima*, *Bu mar*= *Buddleja marrubifolia*, *Ca con*= *Calliandra conferta*, *Ca ere*= *Castela erecta*, *Ce pal*= *Celtis pallida*, *Ce tex*= *Cercidium texanum*, *Ci bra*= *Citharexylum brachyanthum*, *Co spa*= *Condalia spathulata*, *Cr inc*= *Croton incanus*, *Da ced*= *Dasyliirion cedrosanum*, *Ey tex*= *Eysenhardtia texana*, *Fl cer*= *Flourensia cernua*, *Fo spl*= *Fouquieria splendens*, *Gu ang*= *Guaiacum angustifolium*, *He tor*= *Heliotropium torreyi*, *Ja dio*= *Jatropha dioica*, *Ka hum*= *Karwinskia humboldtiana*, *La tri*= *Larrea tridentata*, *Le fru*= *Leucophyllum frutescens*, *Li gra*= *Lippia graveolens*, *Ly ber*= *Lycium berlandieri*, *Te mac*= *Telospiphonia macrosiphon*, *Mi tur*= *Mimosa turneri*, *Op eng*= *Opuntia engelmannii*, *Op lep*= *Opuntia leptocaulis*, *Op lin*= *Opuntia lindheimeri*, *Pa inc*= *Parthenium incanum*, *Pr gla*= *Prosopis glandulosa*, *Sa bal*= *Salvia ballotaeflora*, *Sc cun*= *Schaefferia cuneifolia*, *Vi ste*= *Viguiera stenoloba*, *Yu tre*= *Yucca treculeana*, *Zi obt*= *Ziziphus obtusifolia*.

Figura 5. Diagrama de ordenación de los sitios y especies del matorral xerófilo con relación al eje 1 y 2 del Análisis de correspondencia (AC).

Lippia graveolens y *Leucophyllum frutescens*, por último, los sitios del matorral de *Acacia-rigidula*-*Agave lechuguilla* se muestran en el cuadrante II y sobre el eje 2 con valores positivos, en esta asociación los arbustos más frecuentes que alcanzan su máxima cobertura son: *Acacia rigidula*, *Agave lechuguilla*, *Eysenhardtia texana*, *Acacia berlandieri*, *Karwinskia humboldtiana* y *Salvia ballotaeflora*, por otra parte las especies que se ubican en la parte media del gradiente son de amplia distribución en el área, estos arbustos son *Yucca treculeana*, *Jatropha dioica*, *Parthenium incanum* y *Opuntia lindheimeri*, el porcentaje de varianza explicada hasta el eje 4 en éste análisis es 44.8% (cuadro 9).

Ordenación de los sitios del matorral xerófilo a través de Análisis de Correspondencia Canónica (CCA).

El resumen del análisis de correspondencia canónica para la ordenación del matorral xerófilo mediante variables ambientales se presenta en el cuadro 10, donde se observa que la mayor variación en la información de la cobertura de las especies (61%) se concentra en los primeros dos ejes, es decir, la vegetación cambia en relación a dos gradientes principales, la longitud para el primer eje es 0.413 y 0.200 para el segundo, los valores de correlación especies-ambiente para estos ejes son 0.852 y 0.769 respectivamente; la inercia total o varianza de los datos es 4.275. Las variables ambientales seleccionadas solo explican el 94% de la variación en los datos de las especies, la varianza acumulada de las especies hasta el eje 4 fue 20.7%; debido a que no se hicieron ajustes en las covariables el valor de la inercia es 4.275, de esta cantidad el primer eje justifica el 0.413, lo que equivale al 9.7% de la varianza acumulada de las especies y al 43.8% de las variables explicatorias (ambientales), mientras que el segundo eje justifica el 0.200 que es igual a el 14.3% de la variación acumulada de las especies y al 65% de las variables ambientales evaluadas; la prueba de permutación de Monte Carlo

(199 permutaciones bajo el modelo reducido) para el primer eje característico ($\lambda = 0.413$) fue significativa ($P = 0.05$), lo que muestra que la variación en la cobertura de las especies se debe a las variables evaluadas y no a efectos aleatorios.

Cuadro 10. Resumen del Análisis de correspondencia canónica (CCA) para la ordenación del matorral xerófilo mediante variables ambientales.

EJES	1	2	3	4	INERCIA TOTAL
Valores característicos	0.413	0.200	0.151	0.123	
Correlaciones especie-ambiente	0.852	0.769	0.787	0.622	
Porcentaje de varianza acumulado en los datos de las especies	9.7	14.3	17.9	20.7	4.275
Porcentaje de varianza acumulado en la relación especies-ambiente	43.8	65.0	80.9	94.0	
Suma de los valores característicos no restringidos (después del ajuste de covariables)					4.275
Suma de todos los valores característicos canónicos (después del ajuste de covariables)					0.944

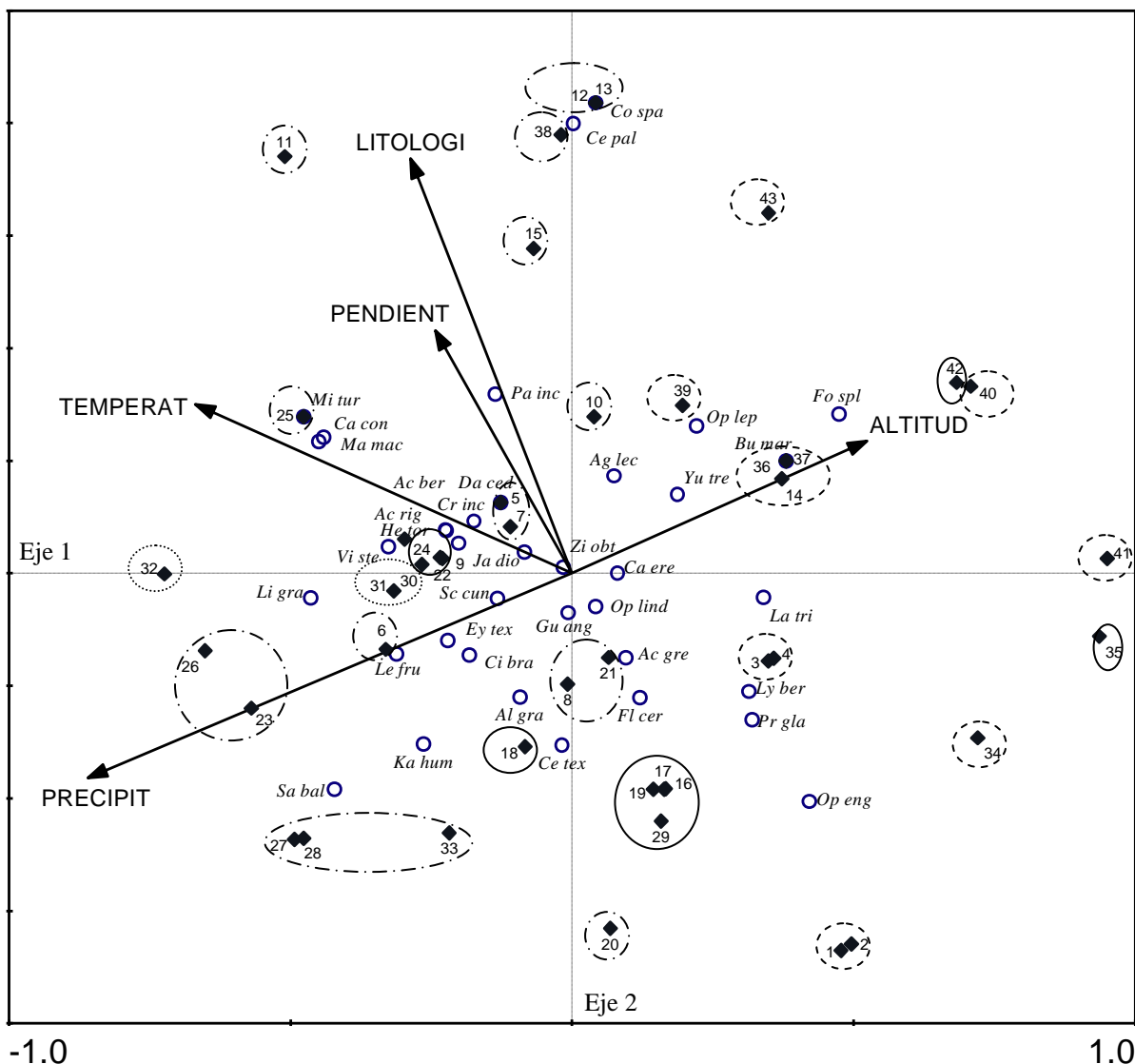
En el Cuadro 11 se muestran los coeficientes de correlación de las variables ambientales con relación a los primeros dos ejes de ordenación, al revisar dichas coeficientes se puede inferir que el primer eje es un gradiente de humedad, ya que la precipitación es la variable con el valor más alto (-0.732), seguida por la temperatura y la altitud (-0.570 y 0.446 respectivamente), en la definición de este gradiente, la precipitación y la temperatura están relacionadas positivamente, mientras que la altitud se relaciona de manera inversa con dichas variables, por su parte el segundo eje se asocia a un cambio en la litología y la pendiente del terreno (coeficientes de 0.566 y 0.331) las cuales presentan una relación directa entre ellas, la importancia de todas las variables se representa mediante flechas o vectores en el diagrama de ordenación (figura 6), de éste

se deduce que la precipitación, litología y temperatura son los factores con mayor influencia en la distribución de la vegetación (vectores de mayor longitud), seguidas por la altitud y la pendiente del terreno.

Cuadro 11. Coeficientes de correlación entre las variables ambientales y los primeros dos ejes de ordenación.

EE 1	1.000			
EE 2	-0.119	1.000		
EA 1	0.852	0.000	1.000	
EA 2	0.000	0.768	0.000	1.000
LITOLOGIA	-0.244	0.566	-0.287	0.736
ALTITUD	0.446	0.180	0.523	0.235
PENDIENTE	-0.207	0.331	-0.243	0.431
PRECIPITACION	-0.732	-0.279	-0.859	-0.364
TEMPERATURA	-0.570	0.230	-0.669	0.499
	EE 1	EE 2	EA1	EA2

La ordenación de los sitios de muestreo (Figura 6) concuerda de manera general con la clasificación de la vegetación, excepto el matorral de *Lippia graveolens-Leucophyllum frutescens* que se relaciona más con el matorral de *Acacia rigidula-Agave lechuguilla*, que con los matorrales de *Agave lechuguilla-Larrea tridentata* y *Flourensia cernua-Larrea tridentata* como ocurre en el dendrograma donde se clasifica la vegetación (Figura 4), la misma tendencia se observa con los sitios 22, 24 y 18 del matorral de *Flourensia cernua - Larrea tridentata*.



— Matorral de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata*, --- Matorral de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata*, Matorral de *Lippia graveolens*-*Leucophyllum frutescens*, - - - Matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla*.

Los acrónimos de las especies son: Ac ber= *Acacia berlandieri*, Ac gre= *Acacia greggii*, Ac rig= *Acacia rigidula*, Ag lec= *Agave lechuguilla*, Al gra= *Aloysia gratissima*, Bu mar= *Buddleja marrubifolia*, Ca con= *Calliandra conferta*, Ca ere= *Castela erecta*, Ce pal= *Celtis pallida*, Ce tex= *Cercidium texanum*, Ci bra= *Citharexylum brachyanthum*, Co spa= *Condalia spathulata*, Cr inc= *Croton incanum*, Da ced= *Dasyllirion cedrosanum*, Ey tex= *Eysenhardtia texana*, Fl cer= *Flourensia cernua*, Fo spl= *Fouquieria splendens*, Gu ang= *Guaiacum angustifolium*, He tor= *Heliotropium torreyi*, Ja dio= *Jatropha dioica*, Ka hum= *Karwinskia humboldtiana*, La tri= *Larrea tridentata*, Le fru= *Leucophyllum frutescens*, Li gra= *Lippia graveolens*, Ly ber= *Lycium berlandieri*, Te mac= *Telospiphonia macrosiphon*, Mi tur= *Mimosa turneri*, Op eng= *Opuntia engelmannii*, Op lep= *Opuntia leptocaulis*, Op lin= *Opuntia lindheimeri*, Pa inc= *Parthenium incanum*, Pr gla= *Prosopis glandulosa*, Sa bal= *Salvia ballotaeflora*, Sc cun= *Schaefferia cuneifolia*, Vi ste= *Viguiera stenoloba*, Yu tre= *Yucca treculeana*, Zi obt= *Ziziphus obtusifolia*.

Figura 6. Diagrama de ordenación de los sitios y especies del matorral xerófilo con relación a las variables ambientales mediante Análisis de correspondencia canónica (CCA).

El matorral de *Agave lechuguilla-Larrea tridentata* se relacionó con la zona menos lluviosa y de mayor altitud del área de estudio (eje 1, valores positivos), algunos sitios se definieron por la altitud (43, 39, 40, 36, 37, 14, 41) y otros por la litología, (3,4,34,1,2), las especies de éste grupo que “prefieren” lugares secos y de mayor altitud son *Fouquieria splendens*, *Opuntia leptocaulis*, *Buddleja marrubifolia*, *Yucca treculeana* y *Agave lechuguilla*, mientras que arbustos como *Larrea tridentata* y *Opuntia engelmannii* se desarrollan mejor en suelos aluviales y con poca precipitación.

El matorral de *Flourensia cernua-Larrea tridentata* presenta una mayor dispersión de sitios que el anterior y no muestra una preferencia clara por alguna de las variables ambientales, pues tiene sitios en la Altiplanicie (mayor altitud) y en la Planicie Costera, también abarca parte del gradiente de humedad, sin embargo, el factor más constante en su distribución es el suelo de tipo aluvial, ya que la mayoría de los sitios se relacionan con ésta variable, de esta forma, las especies de éste grupo con distribución óptima en regiones poco lluviosas y suelos aluviales son: *Flourensia cernua*, *Prosopis glandulosa* y *Lycium berlandieri*, cuando éste matorral se presenta en lugares con mayor humedad y menor altitud se asocia con *Acacia greggii*, *Cercidium texanum* y en ocasiones con *Aloysia gratissima*.

El matorral de *Lippia graveolens-Leucophyllum frutescens* se ubicó en la parte más húmeda del área (eje 1, valores negativos), la variable ambiental con mayor influencia en su distribución es la precipitación, las especies con mejor desarrollo en éste grupo son *Lippia graveolens*, *Viguiera stenoloba* y *Leucophyllum frutescens*, aunque ésta agrupación presenta como característica principal el suelo somero formado por conglomerados, su influencia en la distribución del grupo es menor que la de la precipitación.

El matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* se localizó en la región con mayor precipitación pluvial del área, la dispersión de sus sitios abarca suelos aluviales (21, 8, 20) suelos someros y pedregosos (11, 15, 33, 12, 13, 25, 10), algunos de ellos también se relacionan con altas temperaturas (25, 24), no obstante, la mayoría de sus especies prefieren sitios cálidos, húmedos y con suelos someros, los arbustos que mejor se desarrollan bajo estas condiciones ecológicas son *Mimosa turneri*, *Calliandra conferta*, *Telosiphonia macrosiphon*, *Acacia rigidula*, *Heliotropium torreyi*, *Acacia berlandieri* y *Croton incanus*, mientras que los taxa con valores óptimos en sitios de mayor humedad son *Salvia ballotaeflora*, *Karwinskia humboldtiana*, *Citharexylum brachyanthum* y *Eysenhardtia texana*, algunas especies como *Parthenium incanum* y *Dasyilirion cedrosanum* se relacionan mejor con la pendiente y con suelo superficial, por otra parte arbustos como *Celtis pallida* y *Condalia spathulata* pertenecientes a esta asociación se vincularon con una menor precipitación pluvial.

La ordenación también reveló algunas especies cuya distribución no es afectada de manera importante por las variables evaluadas, ya que se ubican en el centro del diagrama, dichos taxa son *Ziziphus obtusifolia*, *Jatropha dioica*, *Schaefferia cuneifolia*, *Guaiacum angustifolium*, *Opuntia lindheimeri* y *Castela erecta*.

DISCUSIÓN

Composición florística

La riqueza florística encontrada representa el 4.27% de los 3,207 taxa considerados para el estado de Coahuila (Villarreal, 2001) así como el 37% de las 372 especies reportadas por Briones y Villarreal (2001) para una zona de transición similar en el noroeste del estado de Nuevo León, si bien, ésta última cifra es contrastante dada la semejanza florística entre las dos regiones, se estima que el área de estudio presenta una riqueza equivalente y estas discrepancias se deben a que su trabajo deriva de colectas en toda el área, mientras que en el presente solo se listan las especies cuantificadas en los sitios de muestreo. Las familias mejor representadas son: Asteraceae, Fabaceae, Cactaceae, Poaceae y Euphorbiaceae, la dominancia florística de estas en el área concuerda con lo observado por Rzedowski (1978), quien las menciona como las más numerosas en la flora del matorral xerófilo de México, su importancia en ésta vegetación también ha sido señalada por Rzedowski (1991), Villarreal (1994), Briones y Villarreal (2001) y González *et al.*, (2007), los cuales a su vez encuentran a los géneros: *Opuntia*, *Acacia*, *Euphorbia* y *Bouteloua* como los de mayor riqueza en las zonas áridas y semiáridas del norte del país.

Aunque la proporción de monocotiledóneas en la flora es relativamente baja (13.14%), son particularmente importantes a través de la familia Poaceae, ya que ésta constituye el principal componente herbáceo del área, otra familia con un papel relevante en la composición florística es Fabaceae, pues algunos de sus taxa (*Acacia rigidula* y *Prosopis glandulosa*) definen gran parte de la fisonomía y estructura de la vegetación arbustiva y arbórea, la presencia de estas familias en el área también es señalada por Muller (1947) quien refiere de manera indirecta su elevada abundancia como una de las diferencias entre la flora de ambas provincias florísticas.

Afinidades florísticas y distribución de las especies

Se considera que la flora de los matorrales xerófilos a nivel de género está constituida en su mayoría por el elemento endémico (Rzedowski, 1991a); sin embargo, en el área el neotropical es el dominante, la poca abundancia de géneros endémicos puede ser causa de una alta homogeneidad fisiográfica, climática y edáfica en la región (Rzedowski, 1991b), por otra parte, la escasa oscilación térmica y la baja frecuencia de temperaturas inferiores a los cero grados centígrados (Apéndice, 4), aunado a la influencia constante de la humedad proveniente del Golfo de México (Muller, 1947) explican la poca participación de los géneros holárticos en la flora y el predominio de los neotropicales. Con relación a la distribución de las especies, la mayor cantidad de taxa propios de la Altiplanicie muestra que las condiciones climáticas imperantes en el área, son un factor limitante para el establecimiento de muchas especies de la Planicie Costera del Noreste, pues al comparar los valores de temperatura y precipitación, estos resultan ser inferiores a los de dicha provincia florística pero superiores a los de la Altiplanicie (Apéndice, 4), lo cual favorece el desarrollo de las especies de esta última provincia; esta idea es congruente con las observaciones de Cox y Moore (1993) quienes señalan que la distribución de las especies es el resultado de sus adaptaciones a los diferentes factores bióticos y abióticos del medio ambiente. Una condición similar se presenta en una zona de transición entre el Desierto Sonorense y la Selva Baja Caducifolia en el extremo meridional del estado de Sonora, donde una mayor abundancia de especies características del Desierto Sonorense se asocia directamente a una condición climática intermedia entre las dos provincias fisiográficas que resulta limitante para las especies de la Selva Baja Caducifolia (Sánchez *et al.*, 2007). Como particularidades en la distribución de la flora se registraron dos especies endémicas a Coahuila y áreas adyacentes, la primera es *Nerisyrenia incana* representante de la flora de la Altiplanicie y la segunda *Mimosa turneri* especie escasa y

con distribución en el matorral de la Planicie Costera del Noreste (Villarreal y Encina, 2005).

Asociaciones del matorral xerófilo

La vegetación del área es el resultado de la combinación de ocho principales especies, de las cuales la mayoría son propias de la flora de la Altiplanicie, sin embargo, algunas de las más abundantes forman parte de la vegetación de la Planicie Costera del Noreste; la conjunción de estas ha originado varias asociaciones, que reflejan en su composición el carácter de una vegetación transicional, pues su configuración estructural difiere de la “normal”.

El matorral de *Agave lechuguilla-Larrea tridentata* es una asociación poco frecuente del Desierto Chihuahuense y en general de la Altiplanicie, ya que estas especies forman parte de comunidades con características ecológicas distintas (Muller, 1947; Rzedowski, 1978; Villarreal y Valdés, 1992-93), por esta razón, los reportes de dicha asociación son escasos, solo se ha documentado por Henrickson y Johnston (1983), quienes lo llaman “Mixed desert scrub” y lo describen como una asociación variable en composición, presente en laderas de zonas montañosas, donde cambia el sustrato geológico; la presencia de este matorral en el área también se relaciona con la heterogeneidad edafológica. El resultado de ésta interacción de especies es una mayor complejidad estructural y una mayor diversidad, comparado con las comunidades donde se distribuyen (matorral micrófilo y rosetófilo) las cuales generalmente son simples en su estructura y con baja diversidad; sin embargo, lo más relevante es que albergan una alta riqueza de Cactáceas (cerca del 40% de las especies) de las cuales *Echinocereus poselgeri* se lista en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Anónimo, 2002) en la categoría de Sujeta a protección especial, tal riqueza se debe a que dicha familia es abundante en matorrales de *Larrea*

tridentata (Hernández *et al.*, 2001) y en el matorral rosetófilo (Rzedowski, 1978) además de que esta asociación es la de mayor aridez, factor ambiental asociado a una mayor riqueza de cactáceas (Godínez y Ortega, 2007).

El matorral de *Flourensia cernua-Larrea tridentata*, es similar al matorral micrófilo descrito por Muller (1947) y Villarreal y Valdés (1992-93) para Coahuila, la diferencia más notable es que *Flourensia cernua* es la especie dominante y no *Larrea tridentata*, la mayor contribución en la estructura de *Flourensia cernua* se relaciona con el descenso en la altitud, la cual, de acuerdo a Rzedowski (1978) es un factor limitante para la distribución de *Larrea tridentata*, dicho autor señala que esta especie no forma comunidades en altitudes menores a 500 m y ésta asociación se presenta entre los 300 y 400 m, al parecer este matorral es común en esta altitud, pues Briones y Villarreal (2001) también la reportan para la misma zona de transición en el estado de Nuevo León. Debido a que ambas especies crecen sobre suelos profundos, arcillosos y de origen aluvial (Huerta *et al.*, 2004) en muchas ocasiones se mezclan con mezquitales, los cuales en el área prosperan en dichas condiciones de suelo, este traslape en su distribución favorece a *Flourensia cernua*, ya que áreas cubiertas con mezquites arbustivos son desplazadas por matorral micrófilo, la causa más probable puede asociarse a una disminución de los mantos freáticos, pues el mezquite es una planta freatofita (Golubov *et al.*, 2001) y al tener menos disponibilidad de agua, las plantas mueren progresivamente, liberando espacios que son colonizados por el matorral micrófilo.

El matorral de *Lippia graveolens-Leucophyllum frutescens* es una asociación poco frecuente que solo se conoce del área de estudio, ya que, Briones y Villarreal (2001) no hacen referencia acerca de este en el estado de Nuevo León, de hecho la dominancia de *Lippia greveolens* en matorrales es atípica, dado que la mayoría de las veces se presenta

como una especie poco frecuente y con baja densidad (Marroquín *et al.*, 1981; Pinkava, 1984; Villarreal, 1994; Huerta *et al.*, 2004; González *et al.*, 2007). La alta abundancia de esta especie en la zona de transición de Coahuila y no en Nuevo León se asocia a una mayor aridez, ya que dicha especie tiene una distribución óptima en climas secos del Desierto Chihuahuense (Marroquín *et al.*, 1981), otro factor que incide en su alta densidad es el sobreapacentamiento, pues Hernández (1991) menciona que esta especie incrementa su densidad en sitios impactados, incluso Briones y Villarreal (2001) la registran como maleza para Nuevo León; por otra parte la conformación de esta asociación en el área se debe a que ambas especies comparten afinidades por suelos someros y pedregosos (Jurado y Reid, 1989; Martínez *et al.*, 2005).

El matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* es la asociación más frecuente en el área de estudio y la que mejor denota su carácter transicional, pues su composición incluye a la mayoría de las especies de ambas provincias; en términos generales éste es equivalente al matorral de *Acacia rigidula*-*Leucophyllum frutescens* de Muller (1947), Villarreal y Valdés (1992-93) y Briones y Villarreal (2001), considerado como la asociación más común de la Planicie Costera del Noreste en Coahuila y parte de Nuevo León, las diferencias en la delimitación de estas asociaciones obedecen a que dichos autores utilizan un enfoque cualitativo mientras que en el presente se utilizó información cuantitativa, no obstante, todas las contribuciones concuerdan en que *Acacia rigidula* es la especie dominante y la asocian con lomeríos y suelos pedregosos, estas características edáficas también propician del establecimiento de algunas especies importantes en este matorral como *Agave lechuguilla*, *Lippia graveolens*, *Leucophyllum frutescens* y *Karwinskia humboldtiana*, entre otras (Rzedowski, 1978; Henrickson y Johnston, 1983; Jurado y Reid, 1989; Reyes *et al.*, 2000; Briones y Villarreal, 2001), lo anterior, aunado a que la topografía de la zona se integra principalmente por lomeríos (Anónimo, 2001b) es

la causa más probable de la mayor distribución del matorral en el área. Una característica de *Acacia rigidula* que contribuye a su alta abundancia es que responde bien al disturbio, pues, se observaron abundantes rebrotes en sitios recién desmontados además de que se documentó como especie dominante en áreas con sobreapacentamiento, de hecho, Alanís *et al.*, (2008) consideran su alta densidad en el Matorral Tamaulipeco de Nuevo León como un indicador de impacto antrópico.

El matorral de *Prosopis glandulosa-Castela erecta* como tal o con algunas diferencias, es una de las asociaciones más abundantes en la porción septentrional de la Planicie Costera del Noreste, asociada a corrientes intermitentes, suelos arcillosos y profundos (Anónimo, 1973, Anónimo, 1979) y por su composición tiene más afinidad con esta provincia que con la Altiplanicie pues la mayoría de las plantas son típicas de la Planicie Costera del Noreste (Rzedowski, 1978), sin embargo, la presencia de *Lycium berlandieri*, *Opuntia leptocaulis*, *Ziziphus obtusifolia* y *Koeberlinia spinosa* ligan a éste matorral con la Altiplanicie, otro aspecto importante que lo define como un matorral transicional es la abundancia de especies de porte arbustivo y no arbóreo, a diferencia de lo reportado por Briones y Villarreal (2001) para Nuevo León, donde las comunidades arbustivas son escasas y de mayor altura y las arbóreas más frecuentes, lo que puede ser causa de mayor aridez en el área; algo importante a resaltar en esta agrupación es la dominancia de *Prosopis glandulosa* (cerca del 50% de la estructura en condiciones arbustivas y arbóreas), esto concuerda con la mayoría de los mezquiales o los bosques espinosos, donde una o dos especies son las dominantes (Rzedowski, 1978). La distribución de este matorral en algunos sitios donde el estrato herbáceo está dominado por zacate toboso (*Pleuraphis mutica*) al parecer corresponde a una condición intermedia de sucesión ecológica, inducida por el apacentamiento excesivo, ya que el mezquite es una especie invasora común en zacatales degradados (Golubov *et al.*, 2001; Sánchez *et al.*, 2007), de

igual manera, el carácter invasivo también se reconoce para *Castela erecta* en el sur de Texas (Taylor *et al.*, 1999).

Diversidad y riqueza de especies

Los parámetros de diversidad utilizados en general mostraron una correspondencia positiva, esto en cuanto al atributo que midieron; sin embargo, 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 simplemente evidencia la necesidad de un mayor esfuerzo de muestreo, dado que el índice de Shannon-Wiener la cataloga como la tercer asociación más diversa. Los valores calculados en el índice de diversidad de Shannon (2.13 a 3.88 bits) resultan ser 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). Las asociaciones con la mayor magnitud de éste índice se presentaron en suelos someros y pedregosos, esto, de acuerdo a Daubenmire (1982) y Pritchett, (1990) se explica porque dichos suelos tienen una mayor capacidad de infiltración del agua de lluvia, además de que presentan una 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. La mayor diversidad florística en suelos someros y pedregosos concuerda con las observaciones de Rzedowski (1978), quien describe un incremento de la

diversidad del matorral xerófilo asociada a este sustrato, de igual manera, Ghanim y El-Sheikh (2002) también registran esta tendencia en una comunidad desértica de la isla Failanka en Kuwait. Por otra parte las asociaciones con mayor distribución en el área también presentaron una mayor diversidad, esto corrobora los resultados de Romero (1999) quien señala que la diversidad y riqueza del Matorral Tamaulipeco incrementan con la superficie muestreada, sin embargo, una interpretación más amplia es que a medida que incrementa la distribución de una comunidad hay una mayor variación en las condiciones edáficas, topográficas y micro climáticas que al final de cuentas son las que inciden en la alta diversidad de una comunidad, tal como lo señalan (González *et al.*, 2010) quienes atribuyen la variación de la diversidad en el Matorral Tamaulipeco a una combinación de factores físicos y micro climáticos. Un punto importante a resaltar es que el Índice de Berger-Parker mostro una alta dominancia de *Flourensia cernua* en el matorral de *Flourensia cernua-Larrea tridentata* y de *Prosopis glandulosa* en el matorral de *Prosopis glandulosa-Castela erecta*, esto puede indicar que ambas asociaciones se encuentran en un estado de sucesión temprana donde una especie es la dominante (Margalef, 1991), no obstante, también puede ser interpretado como falta de competencia interespecifica, ya que para el caso de *Flourensia cernua* las menores altitudes favorecen su abundancia al limitar el desarrollo de *Larrea tridentata*, especie con la cual compite por espacio y nutrientes en la Altiplanicie (Rzedowski, 1978); mientras que los elevados valores estructurales de *Prosopis glandulosa* se vinculan con sus diferentes adaptaciones a ecosistemas áridos como la alta producción de semillas, rápido crecimiento, raíces profundas y la fijación de nitrógeno que le permiten ser una especie dominante en este tipo de hábitat (Golubov *et al.*, 2001).

Similitud y Diversidad Beta

La similitud más alta se presenta entre el matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* y el de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata*, esto permite postular al matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* como la asociación más representativa de la transición entre la vegetación de la Altiplanicie y la Planicie Costera del Noreste, ya que es la que incluye más especies de ambas provincias, esto también refleja una mayor interacción entre dichas asociaciones, pues, además de ser las de mayor extensión, la mayoría de sus componentes se distribuyen en suelos someros y pedregosos, lo que favorece la cantidad de especies compartidas; el segundo valor más alto en similitud se da entre el matorral de *Agave lechuguilla*-*Larrea tridentata* y el de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata*, lo cual se debe a que el matorral de *Flourensia cernua*-*Larrea tridentata* incluye muchas especies de la primer asociación, incluso puede considerarse como una variante de ésta asociación, sin embargo, se diferencian por valores estructurales altos de *Flourensia cernua* y *Agave lechuguilla*; por otra parte la menor similitud se determinó entre el matorral de *Lippia graveolens*-*Leucophyllum frutescens* y el de *Prosopis glandulosa*-*Castela erecta*, la baja semejanza entre estos matorrales se atribuye a que las especies asociadas, presentan notables preferencias por distintas condiciones edáficas (suelos someros y pedregosidad contra suelos profundos de textura fina), esto disminuye las posibilidades de intercambio de especies, lo cual conlleva a valores bajos de similitud, Goettsch y Hernández (2006) en un estudio sobre diversidad de cactáceas también atribuyen bajas similitudes entre sitios a las preferencias de las especies por diferentes tipos de suelo. Por su parte, los valores de la diversidad beta medidos como el recambio de especies entre muestras o diferencias en la composición de las asociaciones (Halffter y Moreno, 2005) presentan una tendencia opuesta al índice de similitud, dado que los conceptos de similitud y diversidad beta son inversos (Goettsch y Hernández, 2006), de esta manera, las causas posibles de mayor o menor intercambio de especies son las mismas señaladas para el índice de similitud,

principalmente asociadas al suelo como factor que condiciona la convergencia de especies en un sitio. De manera general, se considera que la región presenta un valor medio de diversidad beta (promedio de 50% de recambio entre asociaciones), esto muestra que hay una complejidad importante en la distribución de las especies, esto en parte debido a una alta interacción de varios factores ecológicos, tal como lo explican Camarero y Fortín, (2006), quienes señalan que las zonas de transición presentan la mayor tasa de cambio de una serie de variables ambientales que causan la elevada diversidad biológica de dichas áreas.

Ordenación del matorral xerófilo

La longitud del gradiente asociada al primer eje del DCA (3.884) confirmó la racionalidad de tratar la información bajo el modelo unimodal de respuesta de las especies, pues una longitud igual o superior a 3 unidades de desviación estándar justifica su uso (Ter Braak, 1988). El análisis de gradiente indirecto (AC) ordenó la vegetación en torno a un supuesto gradiente de humedad, el cual se corroboró mediante el análisis de correspondencia canónica, ambas técnicas separaron los matorrales ubicados en la Altiplanicie, de los de la Planicie Costera del Noreste, sin embargo, el análisis de correspondencia canónica también ordenó la vegetación en relación a la litología y la pendiente del terreno.

La influencia de variables climáticas como la precipitación sobre la distribución de la vegetación del área concuerda con Estrada (1998), Montaña y Valiente (1998), Huerta *et al.*, (1999), León *et al.*, (2000), Huerta *et al.*, (2004) y Sánchez *et al.*, (2007), quienes consideran a esta variable y otras relacionadas con ella (altitud y latitud), como las de mayor influencia en la distribución del matorral xerófilo, incluso se le considera como un factor limitante en la distribución de la vegetación en zonas áridas (Huerta *et al.*, 2004), su relevancia también se ha registrado en bosques templados y tropicales (Cuevas, 2002)

así como en pastizales (Aguado *et al.*, 1996); dicha variable se correlacionó de manera negativa con la altitud, es decir, la precipitación es mayor conforme disminuye la altitud, esto podría estar enmascarando otra variable como la continentalidad, la cual dado el caso es la más importante, ya que en la región este factor aunado a la presencia constante de los vientos alisios que transportan humedad del Golfo de México modifican el régimen de lluvia (Rzedowski, 1978, García, 1991, Marroquín *et al.*, 1981), asimismo, la distancia al océano se traduce en un cambio en la altitud y ésta a su vez influye sobre la temperatura (Daubenmire, 1982). El segundo gradiente con influencia sobre la vegetación del área es el sustrato geológico, características asociadas a éste son importantes en el crecimiento y distribución de las plantas (Daubenmire, 1982, Rzedowski, 1978, Pritchett, 1990), no obstante su efecto siempre se hace acompañar por variables climáticas, pues una combinación de ambos factores es el resultado más frecuente encontrado en estudios sobre ordenación de comunidades vegetales.

La precipitación disminuye al avanzar de la provincia florística de la Altiplanicie hacia la de la Planicie Costera del Noreste, el límite geográfico que marca el cambio más notable entre las provincias y en el gradiente, es un grupo de serranías, interrumpidas, de forma alargada (Sierras de Lampazos, Gomas, Pájaros Azules, Obayos y Santa Rosa) que forman una diagonal con dirección sureste-noroeste a través de la región norte y centro-norte de Nuevo León y Coahuila, el efecto de estas formaciones geológicas sobre las variables climáticas es considerable, ya que constituye una barrera que intercepta los vientos húmedos que provienen del Golfo de México, y la vegetación de la región oeste en la Altiplanicie, es influenciada por el efecto de sombra orográfica, la precipitación promedio también cambia entre una zona y otra, ésta puede variar desde 62 mm anuales hasta 141 mm, la temperatura promedio difiere 2°C (Apéndice 5); asimismo, las propiedades del suelo son afectadas por esta barrera geográfica, pues interrumpe el

drenaje superficial en forma similar a una cuenca endorreica y la mayoría de los suelos en la porción de la Altiplanicie son depósitos aluviales con diferentes niveles de cloruro de sodio (Anónimo, 2001b); estas sierras son consideradas por Muller (1947) y Villarreal y Valdés (1992-93) como el límite occidental de la distribución del Matorral Tamaulipeco en Coahuila, el primer autor hace referencia a un gradiente de humedad como la causa de este cambio en la vegetación.

La ordenación del matorral mediante variables ambientales indica que la precipitación es el factor más importante y que junto con el suelo pueden incrementar la riqueza de especies, pues la mayor concentración de éstas ocurre en suelos someros de la parte más húmeda, mientras que un menor número de arbustos prefiere suelos profundos de áreas con baja precipitación; también separó con claridad la parte lluviosa de la más xérica, así como sus respectivas asociaciones, además detectó la introgresión entre provincias de especies de la Altiplanicie que son cuantitativamente importantes como *Lippia graveolens* y *Flourensia cernua*. La mayoría de las especies o familias se ordenaron de acuerdo con aspectos ecológicos ya observados por diferentes autores por ejemplo: la correlación de una mayor cantidad de miembros de las familias Cactaceae, Agavaceae y Fouquieriaceae a la parte con menor precipitación concuerda con las condiciones climáticas predominantes en su área de distribución natural (Rzedowski, 1978), lo mismo ocurre para especies de las familias Fabaceae y Euphorbiaceae que se asociaron a sitios lluviosos y con altas temperaturas (Correll y Johnston, 1970; Zepeda y Velázquez, 1999; Estrada *et al.*, 2005). La preferencia de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua* por suelos profundos y regiones poco lluviosas también se ha señalado por Henrickson y Johnston (1983), lo mismo sucede con *Agave lechuguilla* cuya distribución se asocia a suelos someros de regiones áridas (Reyes *et al.*, 2000), de igual manera, una distribución óptima en sitios húmedos y cálidos con suelo somero del noreste de México y

sur de Texas para *Acacia rigidula*, *A. berlandieri*, *Mimosa turneri*, *Macrosiphonia macrosiphon*, *Calliandra conferta* y *Dasyllirion cedrosanum* han sido referidos por Correll y Johnston (1970), Taylor *et al.*, (1999), Briones y Villarreal (2001), Estrada *et al.*, (2005), Villarreal y Encina (2005). La mayor correlación de *Lippia graveolens*, *Leucophyllum frutescens* y *Viguiera stenoloba* con la humedad muestra la gran importancia de este factor en el área, pues normalmente su distribución se relaciona con suelos poco profundos y calichosos (Correll y Johnston, 1970; Briones, 1986; Jurado y Reid, 1989; Marroquín *et al.*, 1981), sin embargo, esto también puede ser causa de un nivel de estudio general, donde no hay una variación importante en las condiciones edáficas que permitan relacionar a ésta asociación con el sustrato geológico. Las especies ubicadas en la porción central del diagrama son indiferentes a las variables ambientales evaluadas, tal como lo menciona Ter Braak (1988), algunas de ellas como *Opuntia lindheimeri*, *Jatropha dioica*, *Ziziphus obtusifolia* y *Guaiacum angustifolium* se registraron en la mayor parte de los sitios de muestreo, sin presentar preferencias claras por alguna condición ecológica, no obstante puede haber otras variables no evaluadas que si expliquen su cobertura como el historial de manejo del área, pues a menudo las actividades humanas como el sobrepastoreo inciden en la abundancia de muchas especies.

CONCLUSIONES

Las asociaciones vegetales que se distribuyen en el área estudiada, así como la alta riqueza y un valor de diversidad beta medio, aunado a la disminución gradual en la altitud muestran que el área de estudio es parte de un ecoclina, entre las provincias florísticas de la Altiplanicie y la Planicie Costera del Noreste.

La dominancia florística de especies de la Altiplanicie, así como una menor altura y cobertura de la vegetación señalan una mayor aridez en la zona de transición del estado de Coahuila comparado con la del estado de Nuevo León, por su parte la mayor cantidad de géneros neotropicales y la baja proporción de elementos endémicos son evidencia de una alta homogeneidad climática (clima cálido) y fisiográfica en la región.

La estructura y composición de las asociaciones muestran que se trata de una vegetación transicional, cuya formación se debe a requerimientos ecológicos similares de las especies, no obstante, cuatro de los ocho taxa dominantes en estas asociaciones vincularon su alta abundancia a factores antrópicos como el sobreapacentamiento, lo cual muestra la importancia de éste factor en la configuración actual de la vegetación.

Los análisis de similitud, así como los índices de diversidad mostraron que el matorral de *Acacia rigidula*-*Agave lechuguilla* es la asociación más representativa de la transición entre las provincias florísticas.

A pesar de la baja cantidad de endemismos y de especies listadas en alguna categoría de protección, la región es de importancia para la conservación, pues solo en el estrato

arbustivo, se encontró una diversidad superior a la registrada en otras comunidades xerófilas del país.

El uso de métodos cuantitativos y técnicas multivariadas en el estudio de la vegetación fueron de gran utilidad pues permitieron detectar la complejidad de la cubierta vegetal causada por la interacción de especies de las dos provincias, además de corroborar la influencia de la precipitación y el suelo en la distribución de los taxa, así como inferir algunas características autoecológicas de las especies más importantes de la vegetación.

LITERATURA CITADA

- Aguado, G. A., E. García, C. Velasco y J. L. Flores. 1996. Importancia de los elementos climáticos en la variación florística temporal de pastizales semidesérticos. *Acta Botánica Mexicana* 35:65-81.
- Alanís, E., J. Jiménez, O. Aguirre, E. Treviño, E. Jurado y M. González. 2008. Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, Vol. XI, 1: 56-62.
- Anónimo. 1973. Coeficientes de Agostadero de la Republica Mexicana. Estado de Nuevo León. Comisión Técnica Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México, D. F. 240 p.
- Anónimo. 1979. Coeficientes de Agostadero de la Republica Mexicana. Estado de Coahuila. Comisión Técnica Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, subsecretaria de Ganadería. 255 p.
- Anónimo. 1983. Síntesis Geográfica de Coahuila. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Secretaria de Programación y Presupuesto, México, D. F. 163 p.
- Anónimo. 2001a. Base de datos cartográfica, escala 1:250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Anónimo. 2001b. Ordenamiento ecológico de Coahuila, México. Instituto Coahuilense de Ecología, Gobierno de Coahuila, Saltillo, Coahuila. 1072 p.
- Anónimo. 2002. Especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y

- que establece especificaciones para su protección. NOM-059-SEMARNAT. Secretaría para el Manejo de los Recursos Naturales y Pesca - Instituto Nacional de Ecología. Diario oficial de la federación. México.
- Briones, O. 1986. Notas geográficas sobre la vegetación y flora de Lampazos de Naranjo, Nuevo León, México. Reporte científico No. 4. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León 20 p.
- Briones, O., y J. A. Villarreal. 2001. Vegetación y Flora de un Ecotono entre las Provincias del Altiplano y de la Planicie Costera del Noreste de México. Acta Botánica Mexicana, 55:39-67.
- Camarero, J y M. J. Fortín. 2006. Detección cuantitativa de fronteras ecológicas y ecotonos. Ecosistemas 15(3): 76-87.
- Correll, D., y M. C. Johnston. 1970. Manual of the vascular plants of Texas. Texas Research Foundation. Renner, Texas. 1881 p.
- Cox, C. y P. Moore. 1993. Biogeography: an ecological and evolutionary approach. Blackwell Scientific Publications. Oxford. London, UK.
- Cuevas, G. R. 2002. Análisis de gradientes de la vegetación de la cañada El Tecolote, en la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. Tesis doctoral. Instituto de Recursos Naturales, Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, Estado de México. 140 p.
- Daubenmire, R. F. 1982. Ecología Vegetal, Tratado de Autoecología de Plantas. Universidad Estatal de Washington, Limusa, Tercera edición, 496 p
- Digby, P. G., y R. A. Kempton. 1987. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman & Hall. Londres. 206 p.

- 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.
- Estrada, A. E., J. A. Villarreal y E. Jurado. 2005. Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta Botánica Mexicana* 73: 1-18.
- García, E. 1973. Modificaciones para el sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM, México. 246 p.
- García, E. 1991. Causas, delimitación y caracterización de las zonas áridas de México. Sesión I: 39-49p. In Molina G. J. Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Colegio de postgraduados, Chapingo, México. 157 p.
- Ghanim, A. y M.A. El-Sheikh. 2002. Vegetation analysis of Failanka Island (Kuwait). *Journal of Arid Environments* 50:153-165.
- Godínez, H. y P. Ortega. 2007. Mexican cactus diversity: environmental correlates and conservation priorities. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 81:81-87.
- Goettsch, B., y H. M. Hernández. 2006. Beta diversity and similarity among cactus assemblages in the Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* 65: 513-528.
- Golubov, J., M. C. Mandujano and L. E. Eguiarte. 2001. The paradox of mesquites (*Prosopis spp.*): invading species or biodiversity enhancers?. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 69:23-30.
- González, M. F. 2004. Las comunidades vegetales de México. Segunda edición, editorial del deporte mexicano, México D.F. 81 p.
- González, O., J. Jiménez, J. García y J.R. Aguirre. 2007. Flórmula vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luís Potosí, México. *Acta Botánica Mexicana* 78:1-38.

- González, H., R. Ramírez, I. Cantú, M. Gómez y J. Uvalle. 2010. Composición y estructura de la vegetación de tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica* 29: 91-106.
- Halffter, G., y C. E. Moreno. 2005. Significado Biológico de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma, en: Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic. 2005. Sobre Diversidad Biológica: El Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. *m3m - Monografías 3er Milenio*, Vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT, Zaragoza. IV + 242 p.
- Henrickson, J. y I. M. Johnston. 1983. *Vegetation and community types of the Chihuahuan Desert*, Department of Biology, California State University, Los Angeles, California.
- Hernández, R. A. 1991. Aspectos ecológicos del orégano en el altiplano potosino., en: Meléndez G., R., S. A. Ortega R. y R. Peña R. (eds.) *Estado actual del conocimiento sobre el orégano en México*. Unidad Regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma de Chapingo; Bermejillo, Durango, México.
- Hernández, H., C. Gómez y R. Barcenas. 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.
- Huerta, F. M., E. García, J. L. Flores y E. Pimienta. 1999. Ordenación de las poblaciones silvestres de pitayo y cardón en la cuenca de Sayula, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64:11-24.
- Huerta, F. M., J. A. Vázquez, E. García, L. López M., and H. Vaquera. 2004. Vegetation ordination at the southern Chihuahuan Desert (San Luis Potosí, Mexico). *Plant Ecology* 174:79-87.

- Jurado, E., y N. Reid. 1989. Influencia de factores edáficos, topográficos y perturbación sobre el matorral espinoso tamaulipeco en Linares, Nuevo León. Reporte científico No. 10. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 29 p.
- León, J. L., J. J. Pérez y A. Breceda. 2000. A transitional xerophytic tropical plant community of the Cape Region, Baja California. *Journal of Vegetation Science*, 11:555-564.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton New Jersey. 179p.
- Manly, B. F. 1986. *Multivariate methods*. Chapman & Hall. Londres. 159 p.
- Margalef, R. 1991. *Teoría de los Sistemas Ecológicos*. Universitat de Barcelona, Barcelona, España. 290 p
- Marroquín, J., L. Borja, R. Velásquez y J. A. de la Cruz. 1981. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 2a edición, 166 p.
- Martínez, J. J., E. Castellanos, C. M. Valencia, J. J. Quiñones. 2005. Modelo de la distribución geográfico-espacial del Orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Durango, México. Reporte de proyecto. Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del estado de Durango, México. 10 p.
- Miranda, F. y E. Hernández. 1963. Fisiografía y vegetación. In: Las zonas áridas del centro y noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México D. F. 1-27 p.
- Montaña, C., y A. Valiente. 1998. Floristic and life-form diversity along an altitudinal gradient in an intertropical semiarid mexican region. *The southwestern naturalist* 43(1):25-39.

- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 p.
- Mueller, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. Inc., New York. 547 p.
- Muller, C. H. 1947. Vegetation and climate in Coahuila. *Madroño* 9: 33-57
- Pinkava, D. J. 1984. Vegetation and Flora of the Bolson of Cuatro Ciénegas Region, Coahuila, México: IV. Summary, Endemism and Corrected Catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:23-47.
- Pritchett, W. 1990. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. Limusa México D.F. 634 p.
- Reyes, J.A., J.R. Aguirre y C.B. Peña. 2000. Biología y aprovechamiento de *Agave lechuguilla* Torrey. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 67:75-88.
- Rohlf, F.J. 1998. NTSYSpc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis Version 2.0. Applied Biostatistics Inc., New York.
- Rojas, P. 1965. Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora. Tesis doctoral. Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 125 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. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 p.

- Rzedowski, J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21.
- Rzedowski, J. 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* 15:47-64.
- Sánchez, Z., L. Serrano, O. Peñuelas, E. Pérez, E. Sequeiros y M. García. 2007. Composición florística y estructura de la comunidad vegetal del límite del Desierto de Sonora y la Selva Baja Caducifolia. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3(1):74-83.
- Smilauer, P. 1992. *Cano Draw User's guide version 3.0*. Microcomputer power. Ithaca, N. Y., E.U.A.
- Taylor, R., J. Rutledge y J. Herrera. 1999. *A field guide to common south Texas shrubs*. Texas Parks and Wildlife, Wildlife Division. 106 p.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67(5):1167-1179
- Ter Braak, C.J.F. 1987. The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetation* 69:69-77.
- Ter Braak, C.J.F. 1988. Partial canonical correspondence analysis. 551-558p. In: Bock, H.H. (ed.). *Classification and related methods of data analysis*. Elsevier Sc. Pub. B.V. (North-Holland). Amsterdam, The Netherlands.
- Ter Braak, C. J. F., y P. Smilauer. 1998. *CANOCO Referent manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (version 4.0)* Microcomputer power (Ithaca, NY, USA) 352 p.
- Villarreal, J. A. 1994. Flora Vascular de la Sierra de la Paila, Coahuila, México. *Sida* 16(1):109-138.

- Villarreal, J. A. 2001. Listados florísticos de México. XXIII Flora de Coahuila. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. 139 p.
- Villarreal, J. A. y J. A. Encina. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botánica Mexicana* 70:1-46.
- Villarreal, J. A. y E. Estrada. 2008. Listados florísticos de México. XXIV. Flora de Nuevo León. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. 153 p.
- Villarreal, J. A. y J. Valdés. 1992-93. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de Manejo de Pastizales* 6 (1,2):9-18.
- Zepeda, C. y E. Velásquez. 1999. El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Botánica Mexicana* 46:29-55.

APÉNDICES

Apéndice 1.- Listado florístico de las especies presentes en las asociaciones del matorral xerófilo.

La mayoría de los taxa incluye números de colecta en el área estudiada y están depositados en la colección del herbario ANSM de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se presenta el nombre de la especie seguido por el municipio en que se colectó, el colector y número de colecta. Las abreviaciones de los colectores son: C: Miguel Agustín Carranza Pérez, E: Juan Antonio Encina Domínguez, I. Cabral: Ismael Cabral, JE: Jorge Leonel Elizondo, Rdz: Andrés Rodríguez Gamez, V: José Ángel Villarreal Quintanilla. VA: Ricardo Vázquez Aldape, VR: Jesús Valdés Reyna.

PINOPHYTA

EPHEDRACEAE

Ephedra pedunculata Engelm. Melchor Múzquiz: VA 149

MAGNOLIOPHYTA (LILIOPSIDA)

AGAVACEAE

Agave lechuguilla Torr.

Agave scabra Salm-Dyck

Dasyllirion cedrosanum Trel.

Yucca treculeana Carr

LILIACEAE

Cooperia drummondii Herb. Melchor Múzquiz: VA 133, V 6967

POACEAE

Bouteloua aristidoides (Kunth) Griseb.

Bouteloua barbata Lag. Progreso: E 1976, 2605

Bouteloua curtispindula (Michx.) Torr. Melchor Múzquiz: E 2563

Bouteloua trifida S. Watson Melchor Múzquiz: E 1980, 2435, 2599

Dasyochloa pulchella (Kunth) Willd. ex Rydb. Castaños: VR 1310

Eragrostis barrelieri Daveau Progreso: E 2546

Hilaria belangeri (Steud.) Nash Melchor Múzquiz: E 1948, 2503

Panicum hallii Vasey Progreso: E 1970, 2419

Pappophorum bicolor E. Fourn. Melchor Múzquiz: E 1955

Pennisetum ciliare (L.) Link Progreso: E 2525

Pleuraphis mutica Buckley Melchor Múzquiz: E 1946, 1975, 2402, 2439, 2533, 2582

Setaria leucopila (Scribn. et Merr.) K. Schum.

Tridens muticus (Torr.) Nash Melchor Múzquiz: E 1979, 2560

MAGNOLIOPHYTA (MAGNOLIOPSIDA)

ACANTHACEAE

Dyschoriste linearis (Torr. et A. Gray) Kuntze Castaños: Rdz 1322

Ruellia nudiflora (Engelm.) Urb. Melchor Múzquiz: E 1950

Ruellia occidentalis (A. Gray) Tharp. et F. A. Barkley Melchor Múzquiz: E 2472, 2501, 2593

AMARANTHACEAE

Froelichia arizonica Thornber Melchor Múzquiz: E 1945

APOCYNACEAE

Telosiphonia macrosiphon (Torr.) Henr. Progreso: E 1952, 2408, 2430, 2602

ASTERACEAE

Ambrosia confertiflora DC. Progreso: V 6095

Aphanostephus ramosissimus DC. Melchor Múzquiz: E 2363, 2403, 2523, 2549

Bahia absinthifolia Benth. Juárez: E 2608

Borrichia frutescens (L.) DC. Progreso: V 8511

Chaetopappa bellioides (A. Gray) Shinnery Melchor Múzquiz: E 2481, 2498, 2562

Flourensia cernua DC.

Gnaphalopsis micropoides DC. Progreso: E 1987, 2431, 2460

Gutierrezia texana (DC.) Torr. et A. Gray Progreso: E 1836, 2522

Gymnosperma glutinosum (Spreng.) Less. Sabinas: LR s.n.

Melampodium cinereum DC. Melchor Múzquiz: E 2365, 2417, 2597

Palafoxia texana DC. Melchor Múzquiz: E 1944

Parthenium hysterophorus L. Progreso: E 2461

Parthenium incanum Kunth Múzquiz: VA 157

Psilostrophe gnaphalodes DC. Melchor Múzquiz: E 1968, 2466, 2550, 2574

Ratibida columnifera (Nutt.) Wooton et Standl. Melchor Múzquiz: E 2374, 2397, 2405, 2424, 2548

Sanvitalia ocymoides DC. Muzquiz: V 6015, 6937, VA 156

Thymophylla pentachaeta (DC.) Small Melchor Múzquiz: E 1949

Viguiera dentata (Cav.) Spreng.

Viguiera stenoloba S. F. Blake Melchor Múzquiz: E 2493

Zinnia acerosa (DC.) A. Gray Melchor Múzquiz: E 2496

BORAGINACEAE

Heliotropium confertifolium (Torr.) A. Gray Lampazos del naranjo: E 1919, 1985, 2479, 2614

Heliotropium greggii Torr. Melchor Múzquiz: E 1940, 1986, 2393

Heliotropium torreyi I. M. Johnst. Progreso: E 1939, 2433

Tiquilia canescens (DC.) A. T. Richardson Progreso: E 1974

Tiquilia greggii (Torr. et A. Gray) A. T. Richardson Melchor Múzquiz: VA 186

BRASSICACEAE

Lesquerella fendleri (A. Gray) S. Watson Melchor Múzquiz: E 2499

Nerisyrenia incana Rollins Escobedo: E 2541

BUDDLEJACEAE

Buddleja marrubifolia Benth.

CACTACEAE

Coryphantha macromeris (Engelm.) Britton et Rose

Coryphantha neglecta L. Bremer

Echinocactus texensis Hopffer

Echinocereus enneacanthus Engelm.

Echinocereus poselgeri (Lem.) Britton et Rose Progreso: Rdz 1582

Echinocereus stramineus (Engelm.) Rümpler

Escobaria emskoetteriana (Quehl) A. Berger

Ferocactus hamatacanthus (Muhl.) Britton et Rose

Neolloydia conoidea (DC.) Britton et Rose

Opuntia engelmannii Salm-Dyck

Opuntia leptocaulis DC.

Opuntia lindheimeri Engelm. Castaños: JE 347

Opuntia microdasys (Lehm.) Pfeiff.

Opuntia phaeacantha Engelm.

Sclerocactus scheerii (Salm-Dyck) N. P. Taylor

Thelocactus bicolor (Galeotti) Britton et Rose

Thelocactus setispinus (Engelm.) E. F. Anderson

CAPPARACEAE

Koeberlinia spinosa Zucc. Candela: Rdz 1183

CELASTRACEAE

Schaefferia cuneifolia A. Gray Lampazos de naranjo: E 2610

CONVOLVULACEAE

Evolvulus alsinoides L. Melchor Múzquiz: E 1920, 1938, 2497, 2596

Ipomoea costellata Torr. Melchor Múzquiz: V 6105

EUPHORBIACEAE

Acalypha lindheimeri Müll. Arg Castaños: V 4010, Melchor Múzquiz: VA 111, V 6970

Acalypha monostachya Cav. Muzquiz: V 6014

Argythamnia humilis (Engelm. et A. Gray) Müll. Arg. Progreso: E 2426, 2534

Croton incanus Kunth Progreso: E 1924, 2414

Euphorbia antisyphilitica Zucc. Escobedo: E 2389

Euphorbia nutans Lag. Melchor Múzquiz: E 2502, 2570, 2577

Euphorbia prostrata Aiton

Euphorbia serrula Engelm.

Jatropha dioica Cerv.

Phyllanthus polygonoides Spreng. Progreso: E 2404, 2511

FABACEAE

Acacia berlandieri Benth. Melchor Múzquiz: E 2478

Acacia constricta A.Gray

Acacia farnesiana (L.) Willd. Candela: Rdz 1106, Melchor Múzquiz: Rdz 960, I. Cabral 1143, C 1430, 1547

Acacia greggii A. Gray Melchor Múzquiz: E 2354, 2445, 2542

Acacia rigidula Benth. Melchor Múzquiz: Rdz 957, JE 448, VR 947, C 1307, 1426, 1431, 1546

Calliandra conferta A. Gray Melchor Múzquiz: E 1933, 2495

Cercidium texanum A. Gray Melchor Múzquiz: E 1961

Chamaecrista greggii (A. Gray) A. Heller Melchor Múzquiz: E 1926, 1935, 2510

Dalea aurea Nutt. Progreso: E 2398, 2485

Dalea eriophylla S. Watson

Desmanthus virgatus (L.) Willd. Progreso: E 2381, 2586

Eysenhardtia texana Scheele Melchor Múzquiz: E 1962, 2413, 2438

Mimosa biuncifera Benth. Castaños: Rdz 1073, Melchor Múzquiz: Rdz 961

Mimosa turneri Barneby Melchor Múzquiz: E 1918

Nissolia platycalyx S. Watson Melchor Múzquiz: E 1925

Prosopis glandulosa Torr. Melchor Múzquiz: Rdz 959, V 6112, C 1314, 1434, Sabinas: VA s.n., Juarez: Rdz 966

Senna demissa (Rose) H. S. Irwin et Barneby Progreso: E 2576

FOUQUIERIACEAE

Fouquieria splendens Engelm. in Wisl.

HYDROPHYLLACEAE

Nama hispidum A. Gray Melchor Múzquiz: E 2370

KRAMERIACEAE

Krameria parvifolia Benth. Progreso: E 1971

Krameria ramosissima (A. Gray) S. Watson Escobedo: E 2387

LAMIACEAE

Hedeoma drummondii Benth. Progreso: E 2463

Salvia ballotaeflora Benth. Melchor Múzquiz: E 1929

MALVACEAE

- Hibiscus martianus* Zucc. Progreso: E 2384, 2558
Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke Escobedo: E 2394
Malvella sagittifolia (A. Gray) Fryxell Melchor Múzquiz: E 2360
Sida abutilifolia Mill. Melchor Múzquiz: E 1937, 2454, 2529
Sphaeralcea hastulata A. Gray Progreso: E 2584

NYCTAGINACEAE

- Allionia incarnata* L. Castaños: Rdz 1316, Melchor Múzquiz: VA 153

OLEACEAE

- Forestiera angustifolia* Torr. Candela: Rdz 1180
Menodora scabra A. Gray Melchor Múzquiz: E 1936, 2375, 2457

POLYGALACEAE

- Polygala lindheimeri* A.Gray Escobedo: E 2388, 2540

PORTULACACEAE

- Portulaca pilosa* L. Castaños: Rdz 1312, V 4056

RHAMNACEAE

- Colubrina texensis* (Torr. et A. Gray) A. Gray Melchor Múzquiz: V 6115, C 1443
Condalia spathulata A. Gray Escobedo: E 2539
Karwinskia humboldtiana (Roem. et Schult.) Zucc. Melchor Múzquiz: E 1960, 2373, 2543, 2552
Ziziphus obtusifolia (Torr. et A. Gray) A. Gray Melchor Múzquiz: Rdz 955, C 1444

RUBIACEAE

- Hedyotis acerosa* A.Gray Castaños: Rdz 1292

SCROPHULARIACEAE

- Leucophyllum frutescens* (Berl.) I. M. Johnston Progreso: E 1917, 2451, 2571

SIMAROUBACEAE

Castela erecta Turpin

SOLANACEAE

Chamaesaracha coronopus (Dunal) A. Gray

Lycium berlandieri Dunal Escobedo: E 1967, 2390

Quincula lobata (Torr.) Raf. Progreso: E 2379, 2569

Solanum elaeagnifolium Cav.

ULMACEAE

Celtis pallida Torr. Candela: Rdz 1102, Castaños: C 266, Rdz 1309, Melchor Múzquiz: Rdz 966

VERBENACEAE

Aloysia gratissima (Gillies. et Hook.) Tronc. Melchor Múzquiz: E 1965, 2355, 2589

Aloysia wrigthii (A. Gray) A. Heller Melchor Múzquiz: E 1934, 2612

Citharexylum brachyanthum (A. Gray) A. Gray Lampazos de naranjo: E 1963, 1972, 2609

Lantana macropoda Torr. Melchor Múzquiz: E 1966, 2392

Lippia graveolens Kunth Melchor Múzquiz: E 1928, 1964, 2412, 2434, 2440, 2492, 2524, 2594

Verbena neomexicana (A. Gray) Small. Melchor Múzquiz: E 2356, 2531

ZYGOPHYLLACEAE

Guaiacum angustifolium Engelm. Progreso: E 2421, 2538

Larrea tridentata (DC.) Cav.

Peganum mexicanum A. Gray Candela: Rdz1171, Castaños: VA s.n.,

Apéndice 2.- Afinidad geográfica y distribución de la flora del matorral xerófilo.

FAMILIA	GÉNERO	AFINIDAD	ESPECIE	DISTRIBUCION	
ACANTHACEAE	<i>Dyschoriste</i>	Neotropical	<i>linearis</i>	Altiplano	
	<i>Ruellia</i>	Neotropical	<i>nudiflora</i>	Altiplano	
			<i>occidentalis</i>	Planicie	
AGAVACEAE	<i>Agave</i>	Endémico	<i>lechuguilla</i>	Altiplano	
			<i>scabra</i>	Altiplano	
	<i>Dasyllirion</i>	Endémico	<i>cedrosanum</i>	Altiplano	
	<i>Yucca</i>	Endémico	<i>treculeana</i>	Planicie	
AMARANTHACEAE	<i>Froelichia</i>	Neotropical	<i>arizonica</i>	Altiplano	
APOCYNACEAE	<i>Telosiphonia</i>	Neotropical	<i>macrosiphon</i>	Altiplano	
	<i>Ambrosia</i>	Endémico	<i>confertiflora</i>	Altiplano	
	<i>Aphanostephus</i>	Endémico	<i>ramosissimus</i>	Altiplano	
	<i>Bahia</i>	Neotropical	<i>absinthifolia</i>	Altiplano	
	<i>Borrchia</i>	Neotropical	<i>frutescens</i>	Altiplano	
	<i>Chaetopappa</i>	Endémico	<i>bellioides</i>	Altiplano	
	<i>Flourensia</i>	Neotropical	<i>cernua</i>	Altiplano	
	<i>Gnaphalopsis</i>	Endémico	<i>micropoides</i>	Planicie	
	<i>Gutierrezia</i>	Neotropical	<i>texana</i>	Altiplano	
	<i>Gymnosperma</i>	Endémico	<i>glutinosum</i>	Altiplano	
	<i>Melampodium</i>	Neotropical	<i>cinereum</i>	Planicie	
	ASTERACEAE	<i>Palafoxia</i>	Neotropical	<i>texana</i>	Planicie
		<i>Parthenium</i>	Neotropical	<i>hysterophorus</i>	Altiplano
				<i>incanum</i>	Altiplano
		<i>Psilostrophe</i>	Neotropical	<i>gnaphalodes</i>	Planicie
		<i>Ratibida</i>	Holártico	<i>columnifera</i>	Altiplano
		<i>Sanvitalia</i>	Neotropical	<i>ocymoides</i>	Altiplano
		<i>Thymophylla</i>	Neotropical	<i>pentachaeta</i>	Altiplano
		<i>Viguiera</i>	Neotropical	<i>dentata</i>	Altiplano
<i>stelonoba</i>				Altiplano	
<i>Zinnia</i>		Neotropical	<i>acerosa</i>	Altiplano	
	<i>confertifolium</i>		Altiplano		
BORAGINACEAE	<i>Heliotropium</i>	Neotropical	<i>greggii</i>	Altiplano	
			<i>torreyi</i>	Altiplano	
	<i>Tiquilia</i>	Endémico	<i>canescens</i>	Altiplano	
BRASSICACEAE	<i>Lesquerella</i>	Holártico	<i>greggii</i>	Altiplano	
			<i>fendleri</i>	Altiplano	

FAMILIA	GÉNERO	AFINIDAD	ESPECIE	DISTRIBUCION
	<i>Nerisyrenia</i>	Endémico	<i>incana</i>	Altiplano
BUDDLEJACEAE	<i>Buddleja</i>	Neotropical	<i>marrubiifolia</i>	Altiplano
	<i>Coryphantha</i>	Endémico	<i>macromeris</i>	Altiplano
			<i>neglecta</i>	Altiplano
	<i>Echinocactus</i>	Endémico	<i>texensis</i>	Planicie
			<i>enneacanthus</i>	Altiplano
	<i>Echinocereus</i>	Endémico	<i>poselgeri</i>	Planicie
			<i>stramineus</i>	Altiplano-Planicie
	<i>Escobaria</i>	Endémico	<i>emskoetteriana</i>	Planicie
	<i>Ferocactus</i>	Endémico	<i>hamatacanthus</i>	Altiplano
CACTACEAE	<i>Neolloydia</i>	Endémico	<i>conoidea</i>	Altiplano
			<i>cantabriginensis</i>	Altiplano
			<i>leptocaulis</i>	Altiplano
	<i>Opuntia</i>	Endémico	<i>lindheimeri</i>	Planicie
			<i>microdasys</i>	Altiplano
			<i>phaeacantha</i>	Altiplano
	<i>Sclerocactus</i>	Endémico	<i>scheerii</i>	Planicie
			<i>bicolor</i>	Altiplano
	<i>Thelocactus</i>	Endémico	<i>setispinus</i>	Altiplano
CAPPARACEAE	<i>Koeberlinia</i>	Endémico	<i>spinosa</i>	Altiplano
CELASTRACEAE	<i>Schaefferia</i>	Neotropical	<i>cuneifolia</i>	Planicie
	<i>Evolvulus</i>	Neotropical	<i>alsinoides</i>	Altiplano
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea</i>	Neotropical	<i>costellata</i>	Altiplano
EPHEDRACEAE	<i>Ephedra</i>	Neotropical	<i>pedunculata</i>	Altiplano
	<i>Acalypha</i>	Neotropical	<i>lindheimeri</i>	Planicie
			<i>monostachya</i>	Altiplano
	<i>Argythamnia</i>	Neotropical	<i>humilis</i>	Altiplano
	<i>Croton</i>	Neotropical	<i>incanus</i>	Altiplano
			<i>antisyphilitica</i>	Altiplano
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	Neotropical	<i>nutans</i>	Altiplano
			<i>prostrata</i>	Altiplano
			<i>serrula</i>	Altiplano
	<i>Jatropha</i>	Neotropical	<i>dioica</i>	Altiplano
	<i>Phyllanthus</i>	Neotropical	<i>polygonoides</i>	Altiplano
			<i>berlandieri</i>	Altiplano
FABACEAE	<i>Acacia</i>	Neotropical	<i>constricta</i>	Altiplano

FAMILIA	GÉNERO	AFINIDAD	ESPECIE	DISTRIBUCION
			<i>farnesiana</i>	Altiplano
			<i>greggii</i>	Altiplano
			<i>rigidula</i>	Planicie
	<i>Calliandra</i>	Neotropical	<i>conferta</i>	Altiplano
	<i>Cercidium</i>	Neotropical	<i>texanum</i>	Planicie
	<i>Chamaecrista</i>	Neotropical	<i>greggii</i>	Altiplano
	<i>Dalea</i>	Neotropical	<i>aurea</i>	Altiplano
			<i>eriphylla</i>	Altiplano
	<i>Desmanthus</i>	Neotropical	<i>virgatus</i>	Planicie
	<i>Eysenhardtia</i>	Neotropical	<i>texana</i>	Altiplano
	<i>Mimosa</i>	Neotropical	<i>biuncifera</i>	Altiplano
			<i>turneri</i>	Planicie
	<i>Nissolia</i>	Neotropical	<i>platycalyx</i>	Planicie
	<i>Prosopis</i>	Neotropical	<i>glandulosa</i>	Altiplano-Planicie
	<i>Senna</i>	Neotropical	<i>demissa</i>	Altiplano
FOUQUIERIACEAE	<i>Fouquieria</i>	Endémico	<i>splendens</i>	Altiplano
HYDROPHYLLACEAE	<i>Nama</i>	Neotropical	<i>hispidum</i>	Altiplano
			<i>parvifolia</i>	Altiplano
KRAMERIACEAE	<i>Krameria</i>	Neotropical	<i>ramosissima</i>	Planicie
	<i>Hedeoma</i>	Neotropical	<i>drummondii</i>	Altiplano
LAMIACEAE	<i>Salvia</i>	Holártico	<i>ballotaeflora</i>	Altiplano
LILIACEAE	<i>Cooperia</i>	Holártico	<i>drummondii</i>	Altiplano
	<i>Hibiscus</i>	Neotropical	<i>martianus</i>	Altiplano
	<i>Malvastrum</i>	Neotropical	<i>coromandelianum</i>	Altiplano
MALVACEAE	<i>Malvella</i>	Neotropical	<i>sagittifolia</i>	Planicie
	<i>Sida</i>	Neotropical	<i>abutifolia</i>	Altiplano
	<i>Sphaeralcea</i>	Neotropical	<i>hastulata</i>	Altiplano
NYCTAGINACEAE	<i>Allionia</i>	Neotropical	<i>incarnata</i>	Altiplano
OLEACEAE	<i>Forestiera</i>	Neotropical	<i>angustifolia</i>	Altiplano
	<i>Menodora</i>	Neotropical	<i>scabra</i>	Altiplano
			<i>aristidoides</i>	Altiplano
	<i>Bouteloua</i>	Endémico	<i>barbata</i>	Altiplano
POACEAE			<i>curtipendula</i>	Altiplano
			<i>trifida</i>	Altiplano-Planicie
	<i>Dasyochloa</i>	Endémico	<i>pulchella</i>	Altiplano
	<i>Eragrostis</i>	Neotropical	<i>barrelieri</i>	Altiplano

FAMILIA	GÉNERO	AFINIDAD	ESPECIE	DISTRIBUCION
	<i>Hilaria</i>	Endémico	<i>belangeri</i>	Altiplano
	<i>Panicum</i>	Neotropical	<i>hallii</i>	Altiplano-Planicie
	<i>Pappophorum</i>	Neotropical	<i>bicolor</i>	Altiplano
	<i>Pennisetum</i>	Neotropical	<i>ciliare</i>	Altiplano-Planicie
	<i>Pleuraphis</i>	Endémico	<i>mutica</i>	Altiplano
	<i>Setaria</i>	Neotropical	<i>leucopila</i>	Altiplano
	<i>Tridens</i>	Endémico	<i>muticus</i>	Planicie
POLYGALACAEAE	<i>Polygala</i>	Neotropical	<i>lindheimeri</i>	Altiplano
PORTULACACEAE	<i>Portulaca</i>	Neotropical	<i>pilosa</i>	Altiplano
	<i>Colubrina</i>	Neotropical	<i>texensis</i>	Planicie
RHAMNACEAE	<i>Condalia</i>	Neotropical	<i>spathulata</i>	Altiplano
	<i>Karwinskia</i>	Neotropical	<i>humboldtiana</i>	Altiplano-Planicie
	<i>Ziziphus</i>	Neotropical	<i>obtusifolia</i>	Altiplano-Planicie
RUBIACEAE	<i>Hedyotis</i>	Neotropical	<i>acerosa</i>	Altiplano
SCROPHULARIACEAE	<i>Leucophyllum</i>	Endémico	<i>frutescens</i>	Planicie
SIMAROUBACEAE	<i>Castela</i>	Neotropical	<i>erecta</i>	Planicie
	<i>Chamaesaracha</i>	Neotropical	<i>coronopus</i>	Altiplano
SOLANACEAE	<i>Lycium</i>	Neotropical	<i>berlandieri</i>	Altiplano
	<i>Quincula</i>	Neotropical	<i>lobata</i>	Planicie
	<i>Solanum</i>	Neotropical	<i>elaeagnifolium</i>	Altiplano
ULMACEAE	<i>Celtis</i>	Holártico	<i>pallida</i>	Altiplano
	<i>Aloysia</i>	Neotropical	<i>gratissima</i>	Altiplano
			<i>wrightii</i>	Altiplano
VERBENACEAE	<i>Citharexylum</i>	Neotropical	<i>brachyanthum</i>	Altiplano
	<i>Lantana</i>	Neotropical	<i>macropoda</i>	Altiplano
	<i>Lippia</i>	Neotropical	<i>graveolens</i>	Altiplano
	<i>Verbena</i>	Neotropical	<i>neomexicana</i>	Altiplano
	<i>Guaiacum</i>	Neotropical	<i>angustifolium</i>	Planicie
ZYGOPHYLLACEAE	<i>Larrea</i>	Neotropical	<i>tridentata</i>	Altiplano
	<i>Peganum</i>	Neotropical	<i>mexicanum</i>	Altiplano

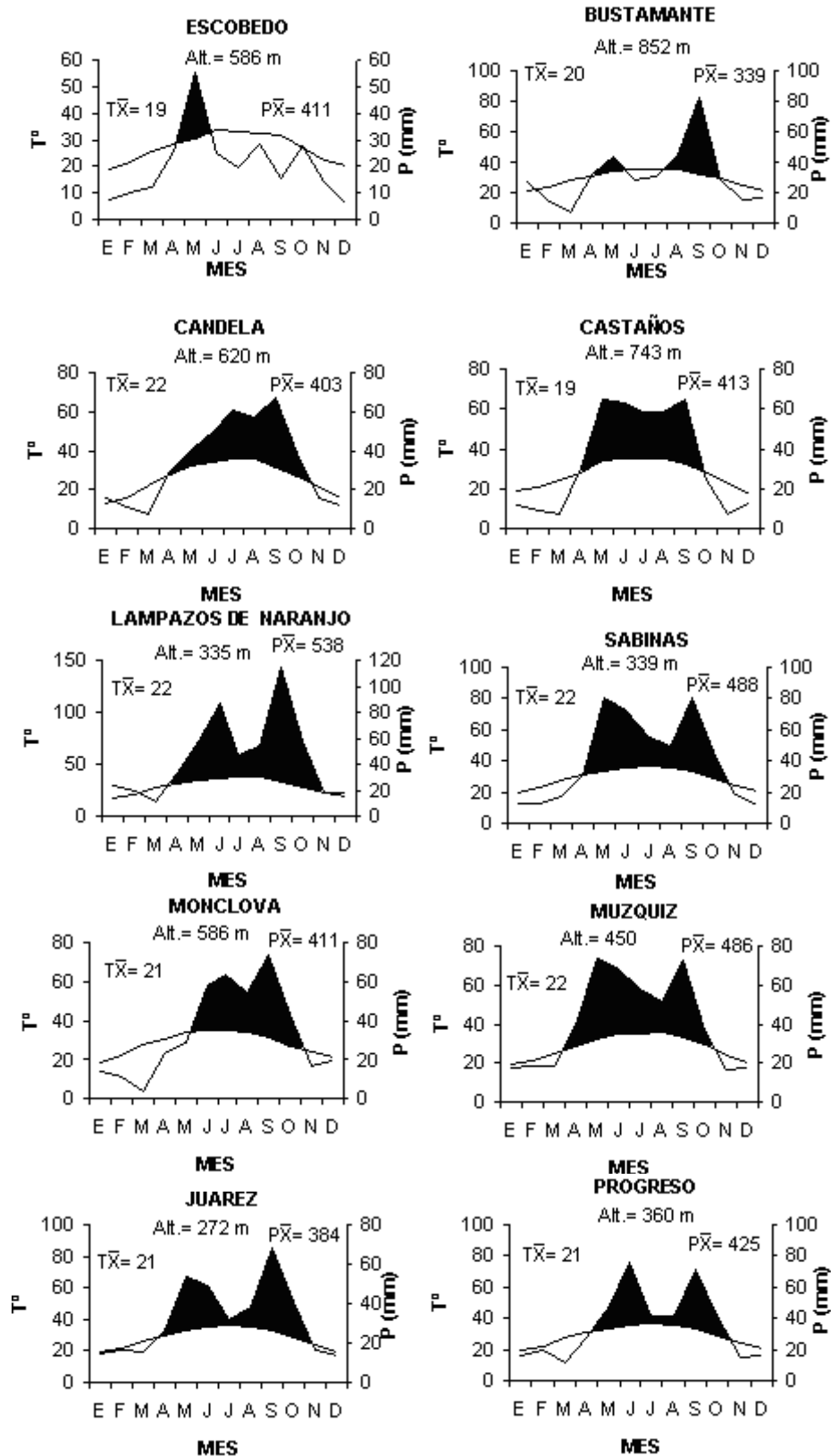
Apéndice 3.- Coordenadas y ubicación geográfica de los sitios de muestreo

SITIO	MUNICIPIO	COORDENADAS*		ALTITUD (m)
		X	Y	
1	ESCOBEDO	256121	3023090	489
2	ESCOBEDO	256077	3023605	492
3	ESCOBEDO	260770	3021708	491
4	ESCOBEDO	260744	3021998	492
5	LAMPAZOS	315054	3007313	403
6	LAMPAZOS	315508	3009257	400
7	LAMPAZOS	313993	3008550	425
8	PROGRESO	309059	3019110	369
9	PROGRESO	294434	3054409	352
10	CANDELA	299442	2970659	690
11	CANDELA	299486	2970916	697
12	PROGRESO	288365	3017870	412
13	PROGRESO	288365	3017870	412
14	CASTAÑOS	271177	2957994	1002
15	PROGRESO	295882	3001302	509
16	PROGRESO	293322	3029804	328
17	PROGRESO	293488	3029977	328
18	PROGRESO	289846	3043955	348
19	PROGRESO	279038	3025910	363
20	PROGRESO	266832	3037834	445
21	LAMPAZOS	331451	3002894	326
22	PROGRESO	278963	3025576	364
23	LAMPAZOS	325955	3004391	346
24	PROGRESO	289682	3047278	378
25	MUZQUIZ	274913	3067316	417
26	PROGRESO	284879	3053259	407
27	MUZQUIZ	273169	3067751	415
28	PROGRESO	296529	3055950	354
29	PROGRESO	298349	3056754	379
30	PROGRESO	297457	3052982	333
31	MUZQUIZ	265796	3065895	490
32	MUZQUIZ	265909	3065738	489
33	PROGRESO	278519	3030017	369
34	PROGRESO	278474	3030111	369

SITIO	MUNICIPIO	COORDENADAS*		ALTITUD (m)
		X	Y	
35	PROGRESO	278014	3031095	372
36	PROGRESO	294288	3054645	352
37	PROGRESO	295512	3053940	338
38	SABINAS	291867	3066283	358
39	PROGRESO	296456	3049598	341
40	PROGRESO	297066	3053781	338
41	SABINAS	290507	3067904	348
42	PROGRESO	296697	3049879	337
43	PROGRESO	295527	3054829	339
44	ABASOLO	266903	2991060	486
45	CASTAÑOS	245616	2975926	651
46	CANDELA	298453	2982762	554
47	CANDELA	298453	2982762	554
48	PROGRESO	287524	3018298	402
49	PROGRESO	301305	2993039	545
50	MINA	312300	2928020	706
51	MINA	308460	2915006	677
52	MINA	315910	2929317	685
53	BUSTAMANTE	340265	2931988	577

* Coordenadas UTM WGS 84

Apéndice 4.- Diagramas ombrotérmicos de las principales estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio



Apéndice 5.- Datos físico-ecológicos de los sitios de muestreo ubicados en los matorrales estudiados.

SITIO	LITOLOGIA	PENDIENTE (%)	ALTITUD (msnm)	PRECIPITACION (mm)	TEMPERATURA (°C)
1	Aluvión	0.60	489	376.96	20.43
2	Aluvión	0.38	492	377.85	20.43
3	Conglomerado	1.45	491	373.42	20.56
4	Conglomerado	1.33	492	373.92	20.56
5	Arenisca	1.84	403	380.68	21.74
6	Aluvión	3.59	400	381.73	21.74
7	Arenisca	1.94	425	380.73	21.73
8	Aluvión	0.59	369	391.65	21.66
9	Conglomerado	0.22	352	425.40	21.57
10	Aluvión	3.70	690	348.95	21.13
11	Limolita	7.96	697	348.97	21.14
12	Yeso	1.19	412	372.89	21.66
13	Yeso	1.19	412	372.89	21.66
14	Aluvión	4.33	1002	338.79	19.81
15	Conglomerado	3.34	509	355.00	21.59
16	Aluvión	0.00	328	388.37	21.48
17	Aluvión	0.00	328	388.66	21.48
18	Arenisca	0.44	348	410.83	21.45
19	Aluvión	1.19	363	377.31	21.35
20	Aluvión	1.03	445	404.84	20.83
21	Aluvión	0.40	326	381.63	21.82
22	Conglomerado	1.10	378	415.99	21.47
23	Arenisca	0.90	417	453.30	21.57
24	Conglomerado	0.84	407	426.32	21.46
25	Lutita	1.55	354	432.41	21.61
26	Basalto	2.82	379	434.03	21.63
27	Aluvión	0.98	490	455.22	21.19
28	Aluvión	0.87	489	454.96	21.19
29	Aluvión	0.14	372	393.47	21.27
30	Conglomerado	0.49	352	425.76	21.57
31	Conglomerado	1.02	338	424.48	21.57
32	Conglomerado	2.07	358	449.40	21.74
33	Aluvión	0.84	341	418.43	21.53

SITIO	LITOLOGIA	PENDIENTE (%)	ALTITUD (msnm)	PRECIPITACION (mm)	TEMPERATURA (°C)
34	Aluvión	0.82	486	332.98	20.77
35	Conglomerado	1.34	651	329.63	19.79
36	Aluvión	0.80	554	348.13	21.35
37	Aluvión	0.80	554	348.13	21.35
38	Yeso	1.38	402	378.08	21.65
39	Aluvión	1.23	545	354.55	21.59
40	Aluvión	1.38	706	315.08	20.84
41	Aluvión	0.63	677	314.02	20.44
42	Aluvión	1.33	685	316.19	20.93
43	Conglomerado	2.38	577	330.59	21.25