



Imágenes de: Ramiro Velázquez Rincón

Composición de especies vegetales en un matorral desértico rosetófilo del norte de Coahuila, México

Plant species composition in a rosetophyllous desert scrub of northern Coahuila, Mexico

Ramiro Velázquez-Rincón¹, Eduardo Alanís-Rodríguez², Ana María Patiño-Flores², Arturo Mora-Olivo^{3*},
Jonás Adán Delgadillo-Villalobos⁴

RESUMEN

El Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Maderas del Carmen, ubicada en el estado de Coahuila, se considera un reservorio natural para el matorral rosetófilo, el cual ha sido afectado por el cambio de uso de suelo en el norte de México. El objetivo del presente trabajo fue describir el estado actual del matorral desértico rosetófilo del Área Protegida de Flora y Fauna Maderas del Carmen, con base en su estructura, composición florística y diversidad. Se evaluó la vegetación mediante 35 parcelas de 5 m x 5 m en 7 transectos lineales. Se midió altura (m), diámetro (cm) y área de copa (m²). Se determinó abundancia, dominancia y frecuencia de cada especie para obtener el índice de valor de importancia (IVI), además del índice de entropía de Shannon (H') para conocer la diversidad, y la diversidad verdadera de Shannon (¹D). Se registraron 31 familias, 61 géneros y 70 especies de plantas vasculares, incluyendo una endémica de México (*Galactia brachystachys*) y a 20 bajo estatus de protección, como *Agave havardiana*, que además, es especie vulnerable. Las familias con mayor riqueza fueron Fabaceae, Asteraceae, Asparagaceae y Cactaceae. Las formas biológicas y de vida fueron árboles y arbustos (48 %), hierbas (36 %), suculentas (13 %) y trepadoras (3 %). El H' fue de 3.13 y la ¹D de 22.87. El matorral rosetófilo del APFF Maderas del Carmen tiene una diversidad media-alta, está dominado por *Agave lechuguilla* Torr., con mayor abundancia e IVI. La composición florística y la diversidad encontrada permite una línea base para estudios posteriores que determinen el estatus ecológico de la zona. Especialmente para conocer con mayor detalle la dinámica poblacional de las especies endémicas y bajo estatus de protección, además del hábitat para la fauna silvestre presente en el APFF Maderas del Carmen.

PALABRAS CLAVE: *Agave lechuguilla*, área de protección, Desierto Chihuahuense, diversidad.

ABSTRACT

The Maderas del Carmen Flora and Fauna Protection Area (APFF), located in the state of Coahuila, is considered a natural reservoir for rosetophyllous scrub, which has been affected by land use change in northern Mexico. The objective of this work was to describe the current state of the rosetophilous desert scrub in the Maderas del Carmen Flora and Fauna Protected Area, based on its structure, floristic composition, and diversity. Vegetation was evaluated using 35 plots of 5 m x 5 m in 7 linear transects. Height (m), diameter (cm) and crown area (m²) were measured. Abundance, dominance and frequency of each species were determined to obtain the importance value index (IVI), in addition to the Shannon entropy index (H') to know the diversity, and the true diversity of Shannon (¹D). 31 families, 61 genera and 70 species of vascular plants were recorded, including one endemic to Mexico (*Galactia brachystachys*) and 20 under protection status, such as *Agave havardiana*, which is also a vulnerable species. The richest families were Fabaceae, Asteraceae, Asparagaceae and Cactaceae. Biological and life forms were trees and shrubs (48 %), herbs (36 %), succulents (13 %), and climbers (3 %). The H' was 3.13 and the ¹D was 22.87. The rosetophilous scrub of the APFF Maderas del Carmen has a medium-high diversity, it is dominated by *Agave lechuguilla* Torr., with greater abundance and IVI. The floristic composition and the diversity found allow a baseline for subsequent studies that determine the ecological status of the area. Especially, they allow us to know in greater detail the population dynamics of endemic species and under protection status, in addition to the habitat for wildlife present in the APFF Maderas del Carmen.

KEYWORDS: *Agave lechuguilla*, protected area, Chihuahuan Desert, diversity.

*Correspondencia: amorao@docentes.uat.edu.mx/ Fecha de recepción: 31 de enero de 2022/ Fecha de aceptación: 24 de enero de 2023/ Fecha de publicación: 31 de enero de 2023.

¹Geoprospect S.A. de C.V., Departamento Ambiental, Linares, Nuevo León, México. ²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México. ³Universidad Autónoma de Tamaulipas, Instituto de Ecología Aplicada, División del Golfo núm. 356, colonia Libertad, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C. P. 87019. ⁴Proyecto El Carmen-CEMEX, Monterrey, Nuevo León, México.

INTRODUCCIÓN

Los matorrales xerófilos o semidesérticos son considerados las comunidades vegetales dominantes en las zonas áridas de México (Rzedowski, 2006). Una de las regiones más conocidas, por su importancia ecológica y biológica en el norte del país, es el Desierto Chihuahuense, el cual incluye diversos tipos de matorrales xerófilos, entre los que destaca el llamado matorral desértico chihuahuense (Zavala-Hurtado y Jiménez, 2020). De acuerdo con Encina-Domínguez y col. (2018), este matorral se conforma de variantes, como los matorrales halófilos y gipsófilos, los matorrales micrófilos y los matorrales rosetófilos.

Usualmente, los matorrales rosetófilos se distribuyen sobre rocas calizas, en terrenos con buen drenaje y se caracterizan por la dominancia de especies arbustivas y suculentas con hojas alargadas en forma de roseta (Granados-Sánchez y col., 2011). Esta forma de distribución concéntrica de las hojas, alrededor de los tallos, favorece la captación de humedad de la niebla que se produce en zonas cercanas a las zonas montañosas (Martorell y Ezcurra, 2002). Es posible que, por esta u otras razones, los matorrales rosetófilos puedan contener una alta riqueza de especies, a pesar de las extremas condiciones de aridez presentes (Huerta-Martínez y García-Moya, 2004; Alanís-Rodríguez y col., 2015).

Al igual que otros matorrales xerófilos, las comunidades rosetófilas se han visto afectadas por acciones antropocéntricas, como son el cambio de uso de suelo, los incendios forestales y la sobreexplotación de ciertas especies de interés, como *Agave lechuguilla* Torr. (Reyes-Agüero y col., 2000). Particularmente, en el norte de México los matorrales rosetófilos han sido seriamente afectados, por lo que se requieren esfuerzos encaminados a su rehabilitación (Medina-Guillén y col., 2017). Afortunadamente, desde hace décadas, el gobierno mexicano ha implementado diversas estrategias para conservar y manejar adecuadamente los matorrales rosetófilos del Desierto Chihuahuense. Un ejemplo de ello es la creación de reservas naturales, dentro de esta región desértica, como el Área de Protección de Flora y Fauna

Maderas del Carmen (ubicada en el noroeste de Coahuila, México), la cual tiene una buena representación de matorrales desérticos rosetófilos de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT-CONANP, 2013).

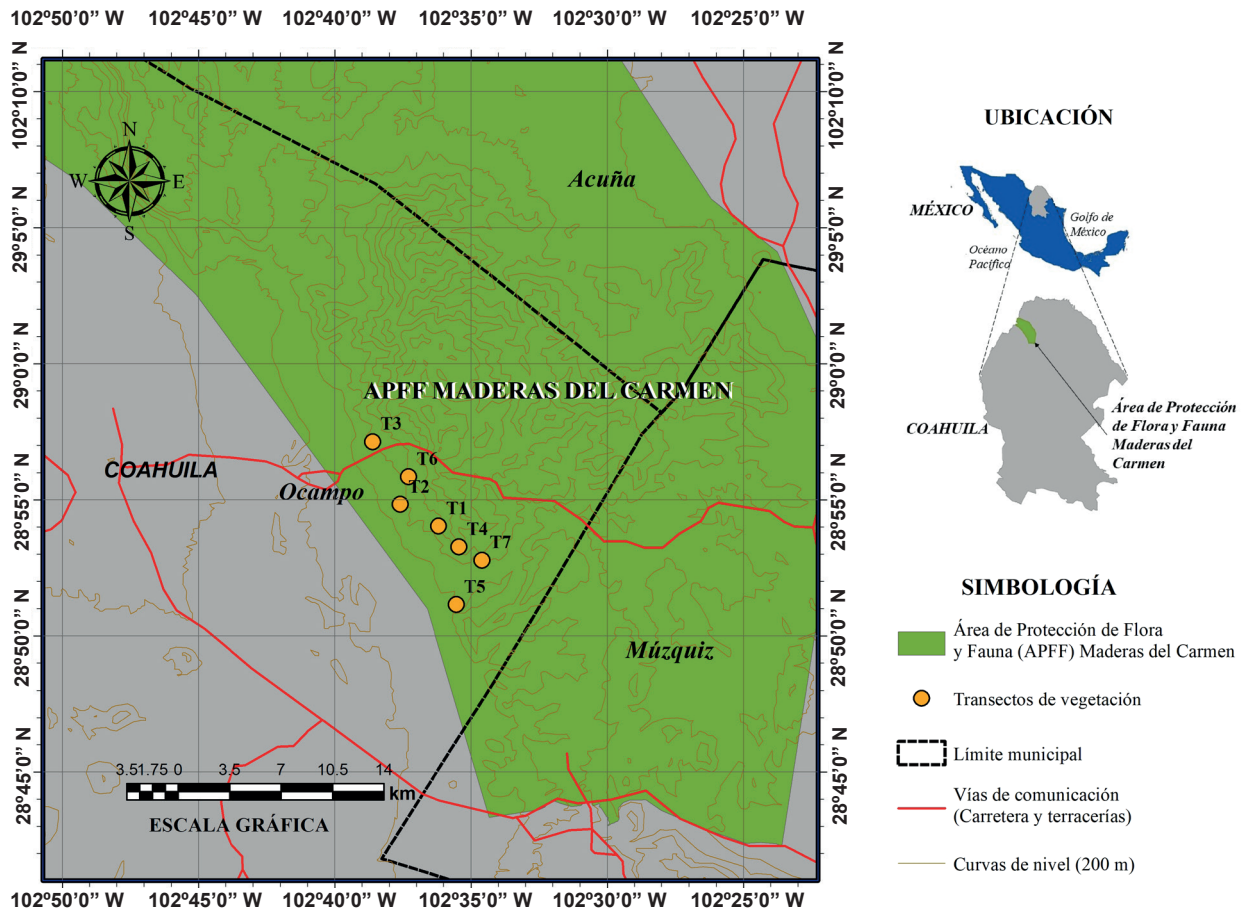
Aunque se han estudiado algunos matorrales rosetófilos en el noreste de México, como en Nuevo León (Alanís-Rodríguez y col., 2015; Mata-Balderas y col., 2015) y Coahuila (Encina-Domínguez y col., 2013), la vegetación de la reserva Maderas del Carmen ha tenido relativamente poca atención, con excepción de los trabajos de Zúñiga-Ramos (1991) y Medina-Guillén y col. (2017), sobre un matorral rehabilitado y más recientemente de García-Aranda y col. (2022). En la actualidad existe un marcado interés en conocer el estado de estos matorrales, dado que constituyen el hábitat y alimento para especies de fauna silvestre, como el borrego cimarrón, el cual se encuentra bajo protección por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés: International Union for Conservation of Nature) y fue reintroducido en la zona (Velázquez, 2012; IUCN, 2022).

El objetivo de este trabajo fue conocer el estado actual del matorral desértico rosetófilo en una porción del Área de Protección de Flora y Fauna de la sierra Maderas del Carmen con base en su estructura de tamaño (altura y diámetro de copa) y de distribución espacial, composición florística y diversidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo entre 2012 y 2017 en las laderas del sur-poniente de la sierra Maderas del Carmen, dentro del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) del mismo nombre, en una comunidad vegetal de matorral desértico rosetófilo. El APFF se ubica en el extremo noroeste del estado de Coahuila, entre las coordenadas 28°42'18.28" N y 29°21'29.42" N, y entre 102°22'04.58" W y 102°55'04.03" W (Figura 1). Forma parte de los municipios de



■ **Figura 1.** Ubicación del área de estudio. La imagen superior derecha muestra la ubicación del estado de Coahuila en el contexto nacional, la inferior derecha es la ubicación del APFF Maderas del Carmen en el contexto estatal y el recuadro izquierdo es la ubicación de los transectos dentro del APFF. **Figure 1.** Location of the study area. The upper left image shows the location of the state of Coahuila in the National context, the lower left is the location of the APFF Maderas del Carmen in the State context, and the right box is the location of the transects within the APFF.

Ocampo, Acuña y Múzquiz. Pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, que consta de sierras de calizas, plegadas y escarpadas con zonas interserranas de amplias bajadas, lomeríos y llanuras aluviales. El trabajo de campo se realizó en altitudes de entre 1 400 m y 2 000 m debido a la accesibilidad. La zona de muestreo que incluye zonas bajas y laderas de montaña posee suelos profundos de tipo xerosoles háplicos, de un color pardo claro y con textura media; además de regosoles calcáricos que se asocian a regosoles éutricos, suelos que tienen un horizonte A ócrico en la superficie, con textura media y usualmente asociados a litosoles de textura

media con fase litofítica. El clima presente es de tipo seco y subtipo seco semicálido. La temperatura media anual es de 18 °C a 20 °C. Se presentan lluvias en verano, con una precipitación media que va de los 300 mm a los 400 mm (SEMARNAT-CONANP, 2013).

Tamaño de muestra

Para la determinación del tamaño de muestra se llevó a cabo un pre-muestreo aleatorio estratificado (Huising y col., 2012). Se seleccionaron 3 transectos al azar, con una dirección norte-sur, en zonas que forman parte del hábitat de especies de fauna silvestre. En cada transecto se ubicaron 5 parcelas de 5 m x 5 m, con una separación de 25 m entre ellas. Se

registró el número de individuos de cada especie vegetal presentes por parcela, además de tomarles la altura (m) y los diámetros (cm) de copa (mayor y menor). Para el tamaño de muestra, se consideró un nivel de confianza de 90 %. El número final de parcelas se definió con base en los datos obtenidos del número total de especies por parcela, mediante la siguiente fórmula (Alanís-Rodríguez y col., 2020):

$$N = \frac{C^2 * t^2}{\alpha^2}$$

Donde:

N = Tamaño de muestra (número de parcelas)

C = Coeficiente de variación (desviación estándar/media * 100)

t = t de student (valor tabular)

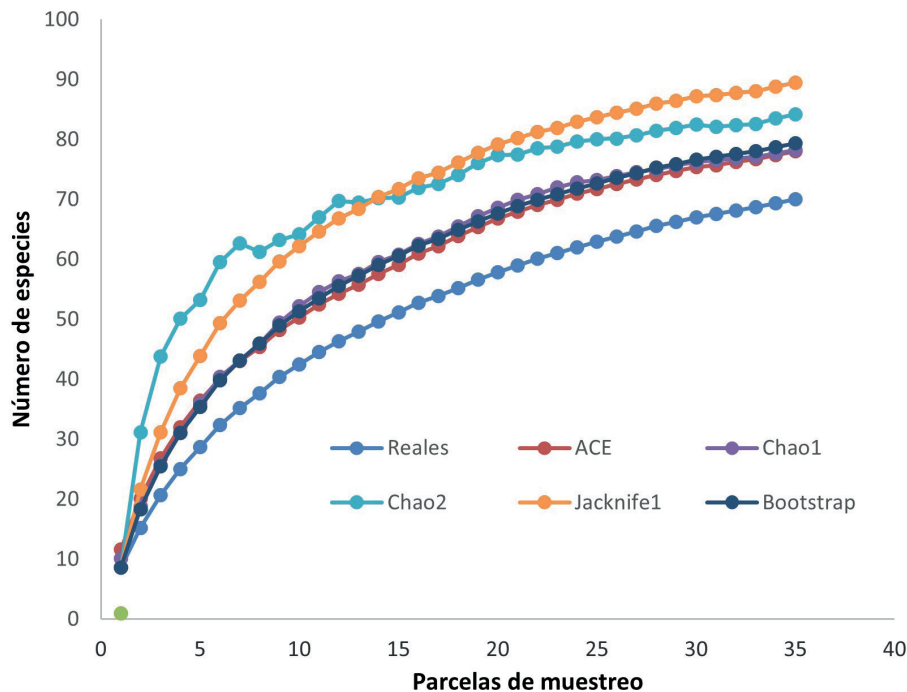
α = error (%)

En el pre-muestreo se registraron 39 especies, con una media del número de especies por parcela de 7.86 y una desviación estándar (DS) de

2.58 y un valor de $t = 1.345$ para 14° de libertad a 0.1 de significancia. Se obtuvo que $N = 19.57$.

El muestreo se completó con 20 parcelas adicionales, repartidas en 4 transectos que sumaron un total de 35 parcelas distribuidas en 7 transectos. Se mantuvieron las dimensiones de las parcelas y la separación entre estas en cada transecto.

La pertinencia de la cantidad de parcelas muestreadas se evaluó analizando el esfuerzo de muestreo con curvas de acumulación (Figura 2), basadas en el número de especies por sitio de muestreo. La riqueza esperada (número de especies) fue generada con el estimador de cobertura basado en promedio (ACE) y estimadores basados en incidencia (Chao1, Chao2, Jackknife1 y Bootstrap) (Moreno, 2001). Se calculó la media y la DS de los cinco estimadores, así como el porcentaje de especies registradas (reales/media del estimador x 100). Para



■ Figura 2. Curva de acumulación de especies para la obtención del número de parcelas. En el eje X se muestra el esfuerzo de muestreo efectuado (n, parcelas de muestreo). El eje Y representa el número de especies registradas en el estudio.

Figure 2. Species accumulation curve to obtain the number of plots. The X axis shows the sampling effort made (n, sampling plots). The Y axis represents the number of species recorded in the study.

las estimaciones se utilizó programa EstimateS 9.1, que calcula una variedad de funciones, estimadores e índices de biodiversidad basados en datos de muestreo biótico (Gotelli y Colwell, 2011).

Chao1 es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra, y se calcula mediante la fórmula:

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde

S = número de especies en una muestra

a = número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de “single-tons”)

b = número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra

Chao2 es un estimador no-paramétrico en el sentido estadístico, ya que no asume el tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajusta a un modelo determinado, requiere únicamente datos de presencia-ausencia. La fórmula es:

$$Chao\ 2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

Donde:

L = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”)

M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras

Jackknife, de primer orden se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra (L). Es una técnica para reducir el sesgo de los valores estimados y se calcula mediante la fórmula:

$$Jack\ 1 = S + L \frac{m-1}{m}$$

Donde:

S = número de especies en una muestra

L = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”)

m = número de muestras

Bootstrap es un estimador de la riqueza de especies basado en la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie. La fórmula es:

$$Bootstrap = S + \sum (1 - pj)^n$$

Donde:

S = número de especies en una muestra

pj = proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j

n = tamaño de la muestra estandarizado

Abundancia relativa

Se obtuvo mediante la siguiente fórmula (Magurran, 2004):

$$ARi = \left(\frac{n_i}{\sum_1^n n_i} \right) * 100$$

Donde:

ARi = abundancia relativa de la especie i

n_i = número total de individuos de la especie i colectada.

$\sum n_i$ = número total de individuos de todas las especies

Dominancia relativa

Se determinó mediante (Magurran, 2004):

$$DRi = \left(\frac{D_i}{\sum_1^n D_i} \right) * 100$$

Donde:

DRi = dominancia relativa de la especie i

D_i = suma de las áreas de copa (m^2) para la especie i (área total de las parcelas cubierta por la especie i)

$\sum D_i$ = totalidad de coberturas.

Frecuencia relativa

Se calculó con la siguiente ecuación (Magurran, 2004):

$$FRi = \left(\frac{f_i}{\sum_1^n f_i} \right) * 100$$

$$f_i = \frac{j_i}{k}$$

Donde:

FRi = frecuencia relativa de la especie i .

f_i = frecuencia de la especie i .

j_i = número de parcelas en la que está presente la especie i .

k = número total de parcelas.

Índice de Valor de Importancia

Utilizando los valores de abundancia relativa (de acuerdo al número de individuos presentes en la parcela), la dominancia relativa (en función al espacio ocupado por la copa de los individuos) y la frecuencia relativa (con base en la presencia), se obtuvo el valor ponderado al nivel de especie, el cual se conoce como índice de valor de importancia (IVI) y que adquiere valores que van del 0 % al 100 %. Se calculó mediante (Alanís-Rodríguez y col., 2020):

$$IVI_i = \frac{\sum_{i=1}^n i(AR_i, DR_i, FR_i)}{3}$$

IVI_i = Valor de Importancia de la especie i .

Índice de entropía de Shannon (H')

Permite determinar la diversidad. Se basa en la distribución proporcional de la abundancia de cada una de las especies (Magurran, 2004).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln(p_i)$$

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Weiner.

S = número de especies presentes.

N = número total de individuos.

p_i = abundancia proporcional de la i ésima especie.

n_i = número de individuos de la especie i .

Índice de diversidad verdadera de Shannon (1D)

A partir del H' se genera el índice de diversidad verdadera de Shannon (1D) (Jost, 2006):

$${}^1D = \exp(H')$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Weiner.

1D = índice de diversidad verdadera de Shannon.

Identificación de las especies

Se tomaron muestras botánicas, las cuales se examinaron en laboratorio con la ayuda de claves taxonómicas, como las de Arias y Aquino (2019). La lista obtenida se contrastó con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022), para verificar la presencia de especies endémicas o bajo estatus de protección.

RESULTADOS

Se registraron 31 familias, 61 géneros y 70 especies de plantas vasculares, incluyendo un pasto introducido (*Setaria viridis* (L.) P. Beauv.) (Tabla 1).

La mayoría de las especies son de amplia distribución, en general, aunque una especie (*Galactia brachystachys* Benth.) es endémica de México (EM). Un número importante de especies (20) se encuentran bajo algún estatus de protección de acuerdo con la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (2022): *Agave havardiana* Trel. con la categoría de vulnerable (VU) y 19 más catalogadas como de preocupación menor (LC), entre las que destacan 5 cactáceas (Tabla 1).

La familia con mayor número de especies fue Fabaceae con 11, seguida por Asteraceae con 10 y Asparagaceae y Cactaceae con 5. El género con mayor número de especies fue *Aca-cia* con 5 especies, mientras que *Agave*, *Boute-loua*, *Opuntia*, *Salvia* y *Viguiera* contaron con 2 especies cada uno. De acuerdo con la forma biológica y de vida, 34 son árboles o arbustos (48 %), 25 hierbas (36 %), 9 suculentas (13 %) y 2 trepadoras (3 %) (Tabla 1).

Las Figuras 3 y 4 muestran la distribución de los 1 611 individuos evaluados, de acuerdo con las clases de altura y su distribución por clases diamétricas de copa, respectivamente. En ambos casos, se observa una línea de tendencia exponencial negativa en el número de individuos, conforme aumentan los valores de la altura y diámetros de copa, respectivamente. Los individuos con mayor representación (aproximadamente un 64 % de los individuos)

■ **Tabla 1. Lista florística, forma biológica o de vida, estatus de protección y endemismo.**
 Table 1. Floristic list, biological or life form, protection status and endemism.

Especie	Familia	Forma biológica/ de vida	Estatus de protección y endemismo
<i>Abutilon malacum</i> S. Watson	Malvaceae	Hierba	
<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze	Fabaceae	Arbusto	
<i>Acacia constricta</i> Benth.	Fabaceae	Arbusto	
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Fabaceae	Arbusto	
<i>Acacia greggii</i> A. Gray	Fabaceae	Árbol	
<i>Acacia roemeriana</i> Scheele	Fabaceae	Arbusto	
<i>Acourtia wrightii</i> (A. Gray) Reveal & R.M. King	Asteraceae	Hierba	
<i>Agave havardiana</i> Trel.	Asparagaceae	Suculenta	VU
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	Asparagaceae	Suculenta	LC
<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc.	Verbenaceae	Arbusto	
<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	Asteraceae	Hierba	
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Amaranthaceae	Hierba	
<i>Bidens</i> sp.	Asteraceae	Hierba	
<i>Bouteloua curtispindula</i> (Michx.) Torr.	Poaceae	Hierba	
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	Poaceae	Hierba	LC
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltldl.	Rubiaceae	Hierba	
<i>Carlwrightia linearifolia</i> (Torr.) A. Gray	Acanthaceae	Hierba	
<i>Celtis pallida</i> Torr.	Cannabaceae	Arbusto	
<i>Commelina dianthifolia</i> Delile	Commelinaceae	Hierba	
<i>Condalia ericoides</i> (A. Gray) M.C. Johnst.	Rhamnaceae	Arbusto	
<i>Croton pottsii</i> (Klotzsch) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	Hierba	
<i>Cynanchum barbigerum</i> (Scheele) Shinnery	Apocynaceae	Trepadora	
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae	Arbusto	LC
<i>Dasylirion texanum</i> Scheele	Asparagaceae	Arbusto	
<i>Diospyros texana</i> Scheele	Ebenaceae	Árbol	
<i>Echinocactus texensis</i> Hopffer	Cactaceae	Suculenta	LC
<i>Echinocereus pectinatus</i> (Scheidw.) Engelm.	Cactaceae	Suculenta	LC
<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc.	Euphorbiaceae	Suculenta	LC
<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele	Fabaceae	Arbusto	LC
<i>Flourensia cernua</i> DC.	Asteraceae	Arbusto	
<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.	Fouquieriaceae	Arbusto	
<i>Galactia brachystachys</i> Benth.	Fabaceae	Trepadora	EM
<i>Pseudognaphalium canescens</i> (DC.) Anderb.	Asteraceae	Hierba	
<i>Guaiacum angustifolium</i> Engelm.	Zygophyllaceae	Arbusto	
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Asteraceae	Hierba	
<i>Hechtia texensis</i> S. Watson	Bromeliaceae	Suculenta	
<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray ex Hemsl.) Benth.	Rutaceae	Arbusto	LC
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	Hierba	
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	Euphorbiaceae	Arbusto	LC
<i>Jefea brevifolia</i> (A. Gray) Strother	Asteraceae	Hierba	
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Rhamnaceae	Arbusto	LC

continúa...

<i>Koeberlinia spinosa</i> Zucc.	Koeberliniaceae	Arbusto	LC
<i>Krameria lanceolata</i> Torr.	Krameriaceae	Arbusto	
<i>Lantana macropoda</i> Torr.	Verbenaceae	Arbusto	
<i>Larrea tridentata</i> (DC.) Coville	Zygophyllaceae	Arbusto	
<i>Lespedeza virginica</i> (L.) Britton	Fabaceae	Arbusto	
<i>Leucaena retusa</i> Benth.	Fabaceae	Árbol	LC
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I.M. Johnst.	Scrophulariaceae	Arbusto	
<i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf.	Cactaceae	Suculenta	LC
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	Fabaceae	Arbusto	LC
<i>Mirabilis multiflora</i> (Torr.) A. Gray	Nyctaginaceae	Hierba	
<i>Nolina</i> sp.	Asparagaceae	Arbusto	
<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm.	Cactaceae	Suculenta	LC
<i>Opuntia rufida</i> Engelm.	Cactaceae	Suculenta	LC
<i>Parthenium incanum</i> Kunth	Asteraceae	Arbusto	
<i>Pennellia longifolia</i> (Benth.) Rollins	Brassicaceae	Hierba	
<i>Quercus pungens</i> Liebm.	Fagaceae	Árbol	LC
<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray	Anacardiaceae	Arbusto	LC
<i>Salvia hispanica</i> L.	Lamiaceae	Hierba	
<i>Salvia</i> sp.	Lamiaceae	Hierba	
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.*	Poaceae	Hierba	
<i>Siphonoglossa pilosella</i> (Nees) Torr.	Acanthaceae	Hierba	
<i>Sphaeralcea coccinea</i> (Nutt.) Rydb.	Malvaceae	Hierba	
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	Talinaceae	Hierba	
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	Arbusto	LC
<i>Tiquilia greggii</i> (Torr. & A. Gray) A.T. Richardson	Ehretiaceae	Hierba	
<i>Viguiera annua</i> (M.E. Jones) S.F. Blake	Asteraceae	Hierba	
<i>Viguiera stenoloba</i> S.F. Blake	Asteraceae	Arbusto	
<i>Yucca</i> sp.	Asparagaceae	Arbusto	
<i>Ziziphus obtusifolia</i> (Hook. ex Torr. & A. Gray) A. Gray	Rhamnaceae	Arbusto	

*Especie introducida, EM = Endémica de México, LC = Preocupación menor, VU = Vulnerable.

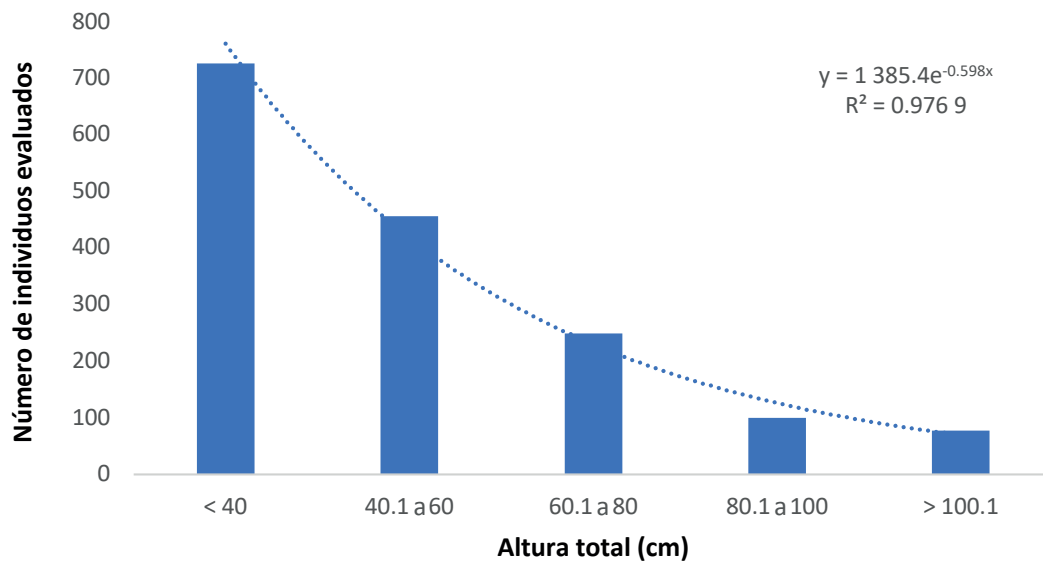
registraron dimensiones inferiores a los 40 cm y diámetro de copa menores a 50 cm. En la Tabla 2 se muestra la altura promedio de cada especie.

Las 5 especies con mayores valores de importancia fueron la suculenta *Agave lechuguilla*, el arbusto *Viguiera stenoloba* S.F. Blake, la suculenta *Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm. y los arbustos *Fouquieria splendens* Engelm. y *Parthenium incanum* Kunth (Figura 5), las cuales en conjunto sumaron el 39.31 % (Tabla 2). *Agave lechuguilla* destaca por su alta abundancia relativa, tendiendo la presencia de casi una cuarta parte de los individuos en la comunidad vegetal (24.11 %).

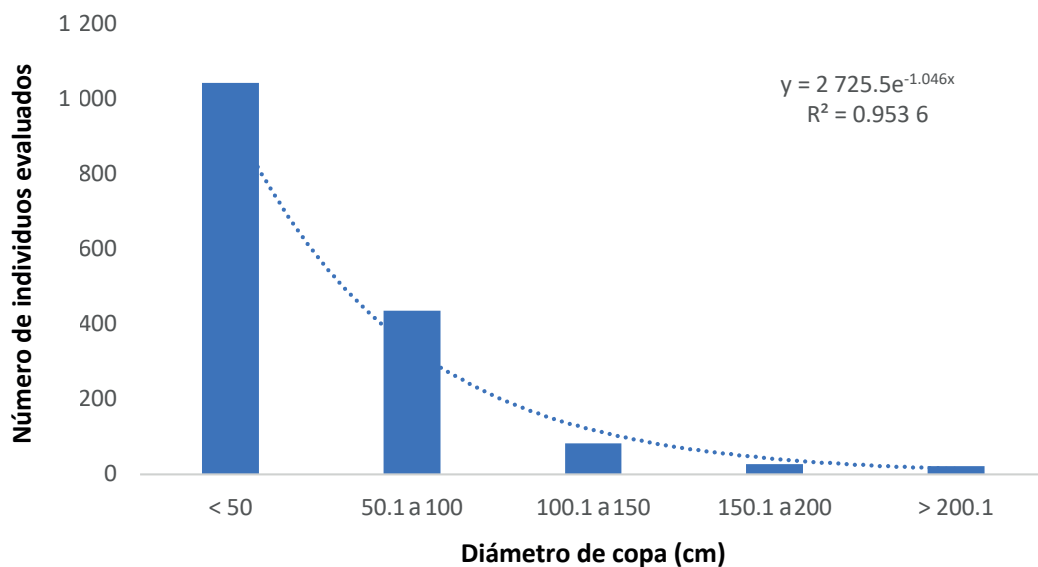
De acuerdo con el análisis de diversidad, la comunidad vegetal analizada presentó una riqueza de 70 especies, un índice de entropía de Shannon (H') de 3.13 y un índice de diversidad verdadera de Shannon (1D) de 22.87.

DISCUSIÓN

El APFF Maderas del Carmen constituye, desde su creación, un reservorio de flora endémica o bajo estatus de protección en Coahuila, además, se considera una región importante para la conservación y reproducción del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana* Merriam, 1901), especie de fauna silvestre que ha sido reintroducida (Velázquez, 2012; SEMARNAT-CONANP, 2013). El matorral rosetófilo estudia-



■ **Figura 3. Distribución de clases de altura.**
 Figure 3. Distribution of height classes.



■ **Figura 4. Distribución de clases diamétricas de copa.**
 Figure 4. Distribution of crown diameter classes.

do abarca el 2.2 % de la flora reportada para el estado de Coahuila (Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez, 2018). La lista florística registrada indica que, con excepción de una especie, el resto son nativas y el 28.57 % son de interés para la conservación, ya que se incluyen plantas vulnerables y de preocupación menor (IUCN, 2022). Entre estas especies es importante mencionar a los magüeyes *Agave lechu-*

guilla (con alta abundancia) y *A. havardiana* (con baja abundancia), además de cactáceas de los géneros *Echinocactus*, *Echinocereus*, *Mammillaria* y *Opuntia*, que son propios del Desierto Chihuahuense (Zavala-Hurtado y Jiménez, 2020). La relevancia de la vegetación de esa área, radica en que los arbustos dominantes en los matorrales presentes, representan un buen hábitat y la base de la dieta del borrego cima-

■ Tabla 2. Altura, abundancia, cobertura, frecuencia e índice de valor de importancia (IVI) de las especies registradas en el área de estudio.

Table 2. Height, abundance, dominance, frequency, and importance value index (IVI) of the species recorded in the study area.

Especie	Altura media (m)	Abundancia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Índice de valor de importancia (%)
<i>Agave lechuguilla</i>	0.32	24.11	5.63	7.48	12.41
<i>Viguiera stenoloba</i>	0.66	7.51	6.71	9.35	7.86
<i>Opuntia engelmannii</i>	0.51	2.21	13.07	5.30	6.86
<i>Fouquieria splendens</i>	1.48	1.34	15.51	3.43	6.76
<i>Parthenium incanum</i>	0.64	6.06	5.83	4.36	5.42
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.38	6.12	3.99	3.12	4.41
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	0.51	8.50	1.31	1.87	3.89
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	0.50	4.48	3.31	3.12	3.64
<i>Krameria lanceolata</i>	0.51	2.45	2.77	4.05	3.09
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	0.81	1.11	4.89	2.18	2.72
<i>Acacia constricta</i>	1.44	0.47	5.79	1.56	2.61
<i>Hechtia texensis</i>	0.23	4.37	1.24	1.25	2.28
<i>Acacia roemeriana</i>	0.48	2.33	1.42	2.80	2.19
<i>Dasylirion texanum</i>	0.84	0.99	1.97	3.12	2.03
<i>Salvia hispanica</i>	0.71	1.46	1.23	3.12	1.93
<i>Bouteloua curtipendula</i>	0.50	2.39	1.44	1.87	1.90
<i>Galactia brachystachys</i>	0.38	2.45	0.79	2.18	1.80
<i>Opuntia rufida</i>	0.72	0.76	1.18	2.49	1.48
<i>Lantana macropoda</i>	0.45	1.28	2.15	0.93	1.46
<i>Acacia greggii</i>	0.54	1.16	1.64	1.56	1.45
<i>Acacia angustissima</i>	0.29	1.69	0.64	1.56	1.30
<i>Leucaena retusa</i>	0.83	0.93	1.30	1.25	1.16
<i>Leucophyllum frutescens</i>	0.59	1.34	1.17	0.93	1.15
<i>Jatropha dioica</i>	0.44	1.28	0.15	1.56	1.00
<i>Acacia farnesiana</i>	1.53	0.17	2.07	0.62	0.96
<i>Rhus virens</i>	1.71	0.12	2.09	0.62	0.94
<i>Heteropogon contortus</i>	0.41	1.28	0.23	1.25	0.92
<i>Guaiacum angustifolium</i>	0.54	0.76	0.72	1.25	0.91
<i>Talinum paniculatum</i>	0.41	1.11	0.30	1.25	0.88
<i>Setaria viridis</i>	0.34	1.16	0.47	0.93	0.86
<i>Atriplex canescens</i>	0.89	0.35	1.16	0.93	0.81
<i>Eysenhardtia texana</i>	1.09	0.41	1.10	0.93	0.81
<i>Cynanchum barbigerum</i>	0.45	0.35	0.11	1.87	0.78
<i>Aloysia gratissima</i>	1.33	0.23	1.24	0.62	0.70
<i>Echinocactus texensis</i>	0.28	0.58	0.22	1.25	0.68
<i>Abutilon malacum</i>	0.47	0.52	0.21	1.25	0.66
<i>Acourtia wrightii</i>	0.42	0.64	0.13	0.93	0.57
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	0.78	0.23	0.27	0.93	0.48
<i>Commelina dianthifolia</i>	0.20	0.41	0.04	0.93	0.46

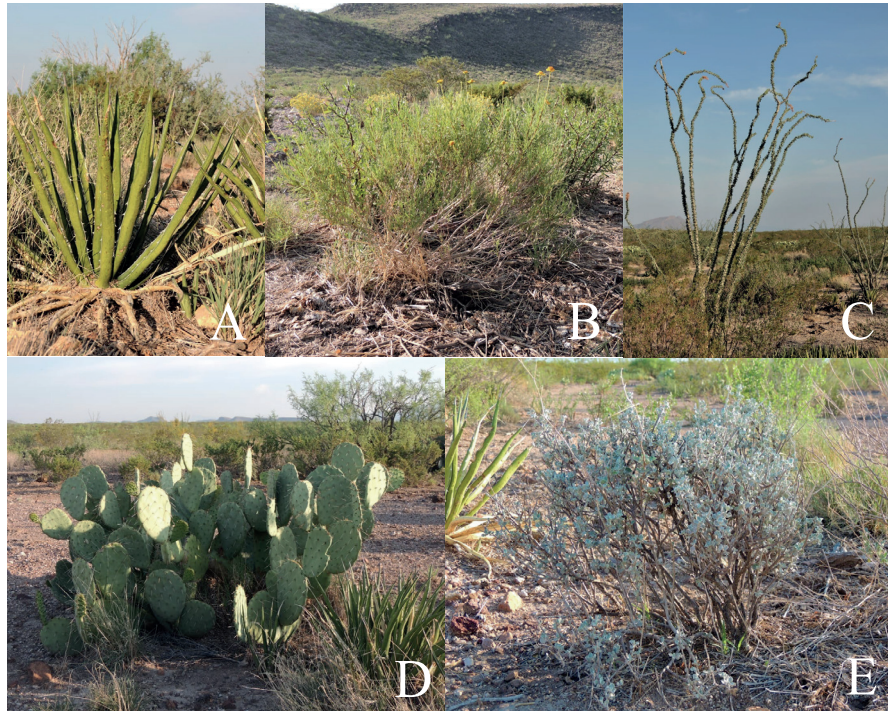
continúa...

<i>Tecoma stans</i>	0.59	0.23	0.19	0.93	0.45
<i>Koerberlinia spinosa</i>	0.76	0.29	0.42	0.62	0.44
<i>Condalia ericoides</i>	0.93	0.23	0.43	0.62	0.43
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.44	0.23	0.09	0.93	0.42
<i>Carlowrightia linearifolia</i>	0.25	0.52	0.06	0.62	0.40
<i>Bidens</i> sp.	0.54	0.17	0.36	0.62	0.39
<i>Celtis pallida</i>	1.19	0.12	0.65	0.31	0.36
<i>Yucca</i> sp.	1.44	0.23	0.23	0.62	0.36
<i>Mirabilis multiflora</i>	0.36	0.29	0.12	0.62	0.34
<i>Pseudognaphalium canescens</i>	0.32	0.35	0.01	0.62	0.33
<i>Agave havardiana</i>	0.41	0.17	0.08	0.62	0.29
<i>Nolina</i> sp.	1.32	0.06	0.51	0.31	0.29
<i>Helietta parvifolia</i>	2.77	0.06	0.45	0.31	0.27
<i>Sphaeralcea coccinea</i>	0.52	0.17	0.02	0.62	0.27
<i>Artemisia ludoviciana</i>	0.36	0.12	0.02	0.62	0.25
<i>Diospyros texana</i>	0.56	0.29	0.12	0.31	0.24
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	0.93	0.17	0.23	0.31	0.24
<i>Jefea brevifolia</i>	0.66	0.23	0.14	0.31	0.23
<i>Quercus pungens</i>	0.72	0.12	0.19	0.31	0.21
<i>Viguiera annua</i>	0.59	0.12	0.03	0.31	0.15
<i>Siphonoglossa pilosella</i>	0.18	0.12	0.01	0.31	0.14
<i>Lespedeza virginica</i>	0.55	0.06	0.05	0.31	0.14
<i>Flourensia cernua</i>	0.64	0.06	0.04	0.31	0.14
<i>Tiquilia greggii</i>	0.48	0.06	0.04	0.31	0.14
<i>Salvia</i> sp.	0.40	0.06	0.03	0.31	0.13
<i>Dalea bicolor</i>	0.22	0.06	0.01	0.31	0.13
<i>Larrea tridentata</i>	0.27	0.06	0.01	0.31	0.13
<i>Croton pottsii</i>	0.27	0.06	0.00	0.31	0.12
<i>Pennellia longifolia</i>	0.37	0.06	0.01	0.31	0.12
<i>Echinocereus pectinatus</i>	0.14	0.06	0.00	0.31	0.12
<i>Mammillaria heyderi</i>	0.15	0.06	0.00	0.31	0.12
Promedio/Suma	0.64	100	100	100	100

rrón como lo indica una investigación realizada para la misma ecorregión (Desierto Chihuahuense), en el estado de Texas, EEUU (Brewer y Harveson, 2007). De hecho, las especies de plantas más importantes reportadas por dichos autores coinciden con algunas de las citadas en este trabajo como *Sphaeralcea coccinea* (Nutt.) Rydb., *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., *Krameria lanceolata* Torr., *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, *Opuntia* sp. y *Euphorbia* sp.

Las familias mejor representadas fueron Fabaceae, Asteraceae, Asparagaceae y Cactaceae,

lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Medina-Guillén y col. (2017) y Encina-Domínguez y col. (2020). Estas familias son las que registran mayor riqueza de géneros y especies en el norte de México (González-Elizondo y col., 2017), además de las representativas del matorral xerófilo (Rzedowski, 2006). Se ha documentado que, tanto *Acacia* como *Agave* y *Opuntia* son géneros característicos de los matorrales de zonas áridas del país (Mata-Balderas y col., 2014; Hernández y col., 2020; Reyna-González y col., 2021). Por otra parte, fue evidente que los elementos leñosos (es-



■ Figura 5. Especies con mayor índice de valor de importancia: A = *Agave lechuguilla*, B = *Viguiera stenoloba*, C = *Fouquieria splendens*, D = *Opuntia engelmannii* y E = *Parthenium incanum*.

Figure 5. Species with higher importance value: A = *Agave lechuguilla*, B = *Viguiera stenoloba*, C = *Fouquieria splendens*, D = *Opuntia engelmannii* and E = *Parthenium incanum*.

pecialmente los arbustos) son más abundantes que otras formas biológicas o de vida, como ya antes se ha mencionado para el Desierto Chihuahuense (Granados-Sánchez y col., 2011).

La tendencia exponencial negativa en el número de individuos que se observan en las Figuras 3 y 4, ha sido documentada en otros matorrales xerófilos del noreste de México (Jiménez-Pérez y col., 2012; Pequeño-Ledezma y col., 2012; Mora-Donjuán y col., 2013) y puede deberse a que los matorrales están compuestos por un alto número de individuos de dimensiones bajas, muchos de ellos de tipo rosetófilo como *Agave lechuguilla*. De hecho, esta especie sobresale del resto de las reportadas, con valores de IVI más altos, debido principalmente a su abundancia.

Se han documentado las características fisiológicas de *Agave lechuguilla* que le permiten dominar grandes áreas, entre las que destacan

ser una planta monocárpica polianual con alta competencia intraespecífica (llega alcanzar densidades que van de los 21 000 individuos/ha a 28 000 individuos/ha), así como, interespecífica, lo que la hace sobresalir entre las especies dominantes en el matorral desértico rosetófilo (Reyes-Agüero y col., 2000). Esta especie ha sido reportada por otros autores como la más representativa de matorral rosetófilo del norte de Coahuila (Granados-Sánchez y col., 2011). *Fouquieria splendens*, la de mayor dominancia en el área evaluada, es una especie característica de las zonas áridas de México. Presenta una gran variedad morfológica dependiendo las características del hábitat donde se encuentre (Molina-Guerra y col., 2017). *Viguiera stenoloba* fue la segunda especie con mayor IVI y la de mayor frecuencia en los sitios de muestreo. Es un arbusto de importancia ecológica en la comunidad y su valor de importancia fue similar al registrado en el estudio de Mata-Balderas y col. (2014).

El valor de riqueza de las especies en este estudio es alto, comparado con el de Mata-Balderas y col. (2014) y Alanís-Rodríguez y col. (2015), quienes registraron solo 53 especies en matorrales rosetófilos del norte de Nuevo León.

Alanís-Rodríguez y col. (2020) mencionaron que, el índice de Shannon adquiere valores cercanos a cero cuando las comunidades vegetales están conformadas por un número reducido de especies y de 6.00 cuando estas son muy abundantes (> 130). También indicaron que la diversidad es baja si es inferior a 2.00 y media-alta cuando es superior a 3.00. En esta investigación el valor de H' fue de 3.13, por lo que se ubica en la categoría media-alta, similar a los datos registrados por Mata-Balderas y col. (2014) y Alanís-Rodríguez y col. (2015) para este mismo tipo de ecosistema. Sin embargo, los valores son mayores a los registrados en comunidades vegetales maduras de tres matorrales del noreste de México, desértico micrófilo, desértico rosetófilo y submontano, que reportaron valores de entropía de Shannon de 1.90, 1.89 y 1.88, respectivamente, y de 1D de 6.68, 6.61 y 6.55, respectivamente (Mata-Balderas y col., 2014). La diferencia con esos estudios puede deberse a ser diferentes ecosistemas, ya que este trabajo está ubicado en una latitud y altitud mayores (1 400 m a 2 000 m), con temperaturas más bajas y laderas pronunciadas, con suelos de tipo xerosol y regosol (SEMARNAT-CONANP, 2013).

Es conveniente destacar que, se encontraron diferencias importantes entre los resultados de este estudio con el de Medina-Guillén y col. (2017), realizado en la misma área natural pro-

tegida y para el mismo tipo de vegetación. En dicha investigación, los autores reportaron haber encontrado solo 21 especies y valores H' entre 1.305 y 1.903. La diferencia entre ambos estudios puede obedecer a las condiciones ecológicas presentes en los sitios estudiados al momento de realizar el trabajo de campo, asociadas en este último con actividades antropogénicas, debido a que se tiene un historial de incendios y sobrepastoreo en el área, lo cual probablemente influyó en la riqueza y composición de las especies presentes.

CONCLUSIONES

El matorral rosetófilo del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) de Maderas del Carmen estudiado tiene una diversidad media-alta. Los valores obtenidos de composición florística y diversidad reflejan el estado ecológico del área, lo que servirá como línea base para futuros estudios en materia de conservación y manejo, especialmente para conocer con mayor detalle la dinámica poblacional de las especies endémicas y bajo estatus de protección, además del hábitat para la fauna silvestre presente el APFF Maderas del Carmen. El trabajo reveló uno de los matorrales rosetófilos mejor representados por *Agave lechuguilla* en el APFF Maderas del Carmen, la cual es un refugio para una especie vegetal vulnerable, para 19 de preocupación menor y para una catalogada como endémica de México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CEMEX-Reserva Natural El Carmen, por todo el apoyo brindado durante la realización de este estudio.

REFERENCIAS

- Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Yerena-Yamallel, J. I., Martínez-Avalos, J. G. y González-Rodríguez, L. E. (2015). Composición y diversidad del matorral desértico rosetófilo en dos tipos de suelo en el noreste de México. *Acta Botanica Mexicana*. 110: 105-117.
- Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A. y Marroquín-de-la-Fuente, J. S. (2020). *Muestreo ecológico de la vegetación*. Monterrey: Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. 249 Pp.
- Arias, S. y D. Aquino. (2019). *Familia Cactaceae I. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 209*. Pátzcuaro: Instituto de Ecología, A.C. 243 Pp.
- Brewer, C. E. and Harveson, L. A. (2007). Diets of

bighorn sheep in the Chihuahuan desert, Texas. *The Southwestern Naturalist*. 52(1):97-103.

Encina-Domínguez, J. A., Arévalo-Sierra, J. R., Villarreal-Quintanilla, J. A. y Estrada-Castillón, E. (2020). Composición, estructura y riqueza de plantas vasculares del matorral xerófilo en el norte de Coahuila, México. *Botanical Sciences*. 98(1): 1-15.

Encina-Domínguez, J. A., Meave, J. A., and Zárate-Lupercio, A. (2013). Structure and woody species diversity of the *Dasyliirion cedrosanum* (Nolinaceae) rosette scrub of central and southern Coahuila State, Mexico. *Botanical Sciences*. 91(3): 335-347.

Encina-Domínguez, J. A., Valdés-Reyna, J. y Villarreal-Quintanilla, J. A. (2018). Tipos de vegetación y comunidades vegetales. En A. Cruz-Angón, K. C. Nájera-Cordero y E. Canales-Gutiérrez (Eds.), *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado* (pp. 89-110). México: CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza.

García-Aranda, M. A., Moreno-Talamantes, A., Sánchez-Salas, J., Muro-Pérez, G., González-Urbe, D. U. y Delgadillo-Villalobos, J. A. (2022). Conservación de la cobertura vegetal en Maderas del Carmen Coahuila, análisis multitemporal con índice SAVI. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 13(71): 53-75.

González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., López-Enríquez, I. L., Tena-Flores, J. A., González-Gallegos, J. G., Ruacho-González, L., ... y Estrada-Castillón, A. E. (2017). Diagnóstico del conocimiento taxonómico y florístico de las plantas vasculares del norte de México. *Botanical Sciences*. 95(4): 760-779.

Gotelli, N. J. and Colwell, R. K. (2011). Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. In A. E. Magurran and B. J. McGill (Eds.), *Estimating species richness* (pp. 39-54). Oxford: OUP.

Granados-Sánchez, D., Sánchez-González, A., Granados-Victorino, R. L. y Borja-de-la-Rosa, A. (2011). Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17: 111-130.

Hernández, H. M., Ricker, M., Rodríguez-Rivera, S., Castillo-Santiago, M. A., Hernández-Juárez, R. A. y Hernández, D. (2020). *Atlas de las leguminosas arbóreas de México: clado mimosoide*. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Petróleos Mexicanos. 417 Pp.

Huerta-Martínez, F. M. y García-Moya, E. (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): 431-441.

Huisling, E. J., Coe, R., Cares, J. E., Louzada, J. N., Zanetti, R., Moreira, F. M. S., ... y Huang, S., P. (2012). Diseño y estrategias de muestreo para la evaluación de la biodiversidad del suelo. En F. Moreira, E. J. Huisling y D. E. Bignell (Eds). *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. México: Instituto Nacional de Ecología. 337 Pp.

IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2022). The IUCN Red List of Threatened Species. [En línea]. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org>. Fecha de consulta: 4 de junio de 2022.

Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Ruiz-González, J. L., González-Tagle, M. A., Yerena-Yamallel, J. I. y Alanís-Flores, G. J. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el NE de México. *Ciencia UANL*. 15(2): 66-71.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*. 113(2): 363-375.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Oxford. 215 Pp.

Martorell, C. and Ezcurra, E. (2002). Rosette scrub occurrence and fog availability in arid mountains of Mexico. *Journal of Vegetation Science*. 13: 651-662.

Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E. y Mora-Olivo A. (2015). Estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo del Noreste de México. *Ciencia UANL*. 18(75): 67-74.

Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., Valdecantos, A., Jiménez, J., Aguirre, O. A., Alanís, E. y Foroughbackhch, R. (2014). Diversidad y composición vegetal de matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 1(3): 3-15.

Medina-Guillén, R., Cantú-Silva, I., Estrada-Castillón, E., González-Rodríguez, H. y Delgadillo-Villalobos, J. A. (2017). Estructura y diversidad del matorral desértico rosetófilo rehabilitado con rodillo aireador, Coahuila, México. *Polibotánica*. (44): 95-107.

Molina-Guerra, V. M., Cervantes-Balderas, J. M., Soto-Mata, B., Alanís-Rodríguez, E., Marroquín-Castillo, J. J. y Sarmiento-Muñoz, T. I. (2017). Composición y estructura del matorral desértico rosetófilo del sureste de Coahuila, México. *Polibotánica*. (44): 67-77.

Mora-Donjuán, C. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Yerena-Yamallel, J. I. y Cuellar-Rodríguez, L. G. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada* 12(1): 29-34.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza. 84(922495): 2.

Pequeño-Ledezma, M. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Yerena-Yamallel, J. I., Cuellar-Rodríguez, L. G. y Mora-Olivo, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Ciencia UAT*. 24(2): 48-53.

Reyes-Agüero, J. A., Aguirre-Rivera, J. R. y Peña-Valdivia, C. B. (2000). Biología y aprovechamiento de Agave lechuguilla Torrey. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 67: 75-88.

Reyna-González, Á. M., Soto-Borrego, P. S., Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M. y Collantes-Chávez-Costa, A. (2021). Estructura y diversidad del matorral xerófilo en el noreste de México. *Polibotánica*. (51):107-122.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1era. Edición digital. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad 7. [En línea]. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf>. Fecha de consulta: 12 de octubre de 2021.

SEMARNAT-CONANP, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2013). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen*. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 151 Pp.

Velázquez, R. (2012). Evaluación poblacional y del hábitat de un grupo de borregos cimarrones (*Ovis canadensis mexicana* Merriam, 1901), translocado en la Sierra Maderas del Carmen, Coahuila, México. [En línea]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/3405/1/1080224746.pdf>. Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2021.

Villarreal-Quintanilla, J. A. y Encina-Domínguez, J. (2018). Plantas endémicas y listadas en categorías de protección. En A. Cruz-Angón, K. C. Nájera-Cordero y E. Canales-Gutiérrez (Eds.), *La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado* (pp. 199-204). México: CONABIO /Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza.

Zavala-Hurtado, J. A. y Jiménez, M. (2020). Diversity and uniqueness at its best: Vegetation of the Chihuahuan Desert. In M. C. Mandujano, I. Pisanty, and L. E. Eguiarte (Eds.), *Plant Diversity and Ecology in the Chihuahuan Desert* (pp. 1-17). Cham: Springer.

Zúñiga-Ramos, M. (1991). Caracterización biológica de sierra maderas del carmen, Coahuila, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. México Ser. Zool.* 62(2): 373-382.