

# VARIABILIDAD ESTRUCTURAL DE UNA COMUNIDAD DE REFERENCIA DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO

# VARIABILITY OF THE STRUCTURE, COMPOSITION AND DIVERSITY OF A REFERENCE COMMUNITY OF TAMAULIPAN THORN SCRUB

**Alanís-Rodríguez, E., A.M. Patiño-Flores, A. Collantes-Chávez-Costa, V.M. Molina-Guerra, E. Rubio-Camacho y A. Mora Olivo**

VARIABILIDAD ESTRUCTURAL DE UNA COMUNIDAD DE REFERENCIA DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO

VARIABILITY OF THE STRUCTURE, COMPOSITION AND DIVERSITY OF A REFERENCE COMMUNITY OF TAMAULIPAN THORN SCRUB



## Variabilidad estructural de una comunidad de referencia del matorral espinoso tamaulipeco

### Variability of the structure, composition and diversity of a reference community of tamaulipan thorn scrub

Eduardo Alanís-Rodríguez,  
Ana María Patiño-Flores,  
Alejandro Collantes-Chávez-  
Costa, Víctor M. Molina-  
Guerra, Ernesto Rubio-  
Camacho, Arturo Mora Olivo

VARIABILIDAD  
ESTRUCTURAL DE UNA  
COMUNIDAD DE  
REFERENCIA DEL  
MATORRAL ESPINOSO  
TAMAULIPECO

VARIABILITY OF THE  
STRUCTURE,  
COMPOSITION AND  
DIVERSITY OF A  
REFERENCE COMMUNITY  
OF TAMAULIPAN THORN  
SCRUB

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 59: 81-95. Enero 2025

DOI:  
10.18387/polibotanica.59.5

**Eduardo Alanís-Rodríguez** <https://orcid.org/0000-0001-6294-4275>

*Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México*

**Ana María Patiño-Flores** <https://orcid.org/0000-0002-4463-3198>

*Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México*

**Alejandro Collantes-Chávez-Costa** <https://orcid.org/0000-0003-4067-6307>

*Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, División de Desarrollo Sustentable, Cozumel, Quintana Roo, México*

**Víctor M. Molina-Guerra** <https://orcid.org/0000-0003-4405-699X>

*Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México*  
*RENAC Asesorías Ambientales, S.A. de C.V., Linares, Nuevo León, México*

**Ernesto Rubio-Camacho** <https://orcid.org/0000-0003-3464-363X>

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Pacífico Centro (CIRPAC), Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Tepatlán de Morelos, Jalisco, México*

**Arturo Mora-Olivo.** *Autor de correspondencia:* [amorao@docentes.uat.edu.mx](mailto:amorao@docentes.uat.edu.mx)  
<https://orcid.org/0000-0002-9654-0305>

*Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias / Instituto de Ecología Aplicada, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México*

**RESUMEN:** El matorral espinoso tamaulipeco es una de las comunidades vegetales más afectadas por el cambio de uso de suelo en el noreste de México. Sin embargo, aún existen algunas áreas donde este matorral ha alcanzado la madurez y se encuentra en buen estado de conservación. Se evaluó la variabilidad estructural, en composición y la diversidad de una comunidad de matorral espinoso tamaulipeco, en el Noreste de México. Se muestrearon 10 localidades, en cada una de ellas se establecieron 10 sitios de 10 x 10 m (100 sitios en total). A cada individuo leñoso se midió su diámetro basal ( $d_{0.10} \geq 4$  cm), su altura total ( $h$ ) y su identidad taxonómica. Se determinó área basal, cobertura vertical del dosel, volumen (de madera), riqueza de especies, abundancia, densidad de individuos y diversidad beta. Se realizó un análisis de varianza y como prueba *post hoc* la prueba de Tukey. Se registraron 30 especies, 26 géneros y 15 familias. La riqueza de especies osciló entre  $3.90 \pm 1.1$  y  $6.2 \pm 1.22$ , el área basal varió de  $7.8 \pm 4.4$  a  $14.1 \pm 10.9$  m<sup>2</sup> / ha, en cuanto al cobertura se presentó una sobreposición de las copas en ocho de las 10 localidades. *Cordia boissieri*, *Havardia pallens*, *Senegalia greggii* y *Vachellia rigidula* se encontraron en las 10 localidades evaluadas. Las Fabaceae dominan las áreas de matorral maduro, y la similitud de las localidades es intermedia-alta. Las localidades presentan una alta variabilidad en abundancia, área basal, área de copa y volumen de madera, presentando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

**Palabras clave:** área de copa, ecosistema de referencia, matorral maduro, riqueza de especies, similitud.

**ABSTRACT:** The tamaulipan thornscrub is one of the plant communities most affected by land use change in northeastern Mexico. However, there are still some areas where this scrub has reached maturity and is in a good state of conservation. The structural variability, composition and diversity of a Tamaulipas thornscrub community in northeastern Mexico was evaluated. Ten locations were sampled, in each of them 10 sites of 10 x 10 m were established (100 sites in total). The basal diameter ( $d_{0.10} \geq 4$  cm), total height (h) and taxonomic identity of each woody individual were measured. Basal area, vertical canopy cover, volume (of wood), species richness, abundance, density of individuals and beta diversity were determined. An analysis of variance was performed and the Tukey test was used as a *post hoc* test. 30 species, 26 genera and 15 families were recorded. Species richness ranged between  $3.90 \pm 1.1$  and  $6.2 \pm 1.22$ , basal area varied from  $7.8 \pm 4.4$  to  $14.1 \pm 10.9$  m<sup>2</sup> / ha, and canopy cover overlapped in eight of the 10 locations. *Cordia boissieri*, *Havardia pallens*, *Senegalia greggii* and *Vachellia rigidula* were found in the 10 evaluated localities. Fabaceae dominate the mature scrub areas, and the similarity of the localities is intermediate-high. The localities present a high variability in abundance, basal area, crown area and wood volume, presenting significant differences ( $p < 0.05$ ).

**Key words:** crown area, reference ecosystem, mature shrubland, species richness, similarity.

## INTRODUCCIÓN

Las comunidades vegetales presentan distintos niveles de sucesión ecológica a través del tiempo, destacando la etapa clímax o vegetación madura como un estado de referencia del ecosistema en las actividades de restauración (Sabattini & Sabattini, 2018). Un ecosistema de referencia se caracteriza por estar escasamente antropizado y representar un estado de desarrollo maduro, con características de estructura, composición y funcionamiento similares al de un sistema en condición prístina (González Ovando *et al.*, 2016). Sin embargo, un sistema de referencia no necesariamente es único, sino que comprende muchos estados posibles dentro de la gama histórica de variación (Egan & Howell, 2005; McDonald *et al.*, 2016). En ese contexto, las acciones de restauración ecológica se orientan al restablecimiento de la integridad biótica preexistente en términos de funcionamiento, composición de especies y estructura de la comunidad (SER, 2024), dentro de la ventana de variabilidad natural de un ecosistema de referencia (Wiens, 1996).

El cambio de uso de suelo, ocasionado principalmente por el abandono de los sitios sujetos con anterioridad al desarrollo de actividades productivas tales como la agrícola, ganadera y silvícola, ha modificado la estructura y composición de distintos ecosistemas del mundo (Johnson & Miyanishi, 2020) y de México en general (Velázquez *et al.*, 2002), y norte del país en particular (Arriaga, 2009). El matorral espinoso tamaulipeco (MET) es una comunidad vegetal restringida al noreste de México y sur de Texas (USA), caracterizada por la dominancia de arbustos y árboles bajos de 2 a 5 m de altura, como *Cordia boissieri*, *Celtis pallida*, *Havardia pallens*, *Leucophyllum frutescens*, *Opuntia engelmannii* y *Vachellia rigidula*; lamentablemente este matorral ha sido uno de los tipos de vegetación más afectados por la acción del hombre (Molina-Guerra *et al.*, 2019). A pesar de esto, aún es posible encontrar áreas con un buen estado de conservación, las cuales son propicias para tomarlas como referencia en futuros programas de restauración (Graciano-Ávila *et al.*, 2018).

Si bien se han desarrollado diversas investigaciones que evalúan la estructura vegetal de comunidades maduras de matorral espinoso tamaulipeco (Graciano-Ávila *et al.*, 2018; Mora-Donjuan *et al.*, 2013; Pequeño-Ledezma *et al.*, 2018), éstas se han enfocado a localidades puntuales, sin analizar la variabilidad natural en diferentes localidades. Por lo tanto, el objetivo general del presente trabajo fue describir y analizar la estructura, composición florística y diversidad de matorral espinoso tamaulipeco, en diez localidades distribuidas en un área de 160 km<sup>2</sup>, en el centro del municipio de Linares, Nuevo León. Esto de tal manera que se pueda comparar la variación de las características del MET muestreado y en un futuro que sirva de referencia para mejorar las condiciones en comunidades semejantes degradadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

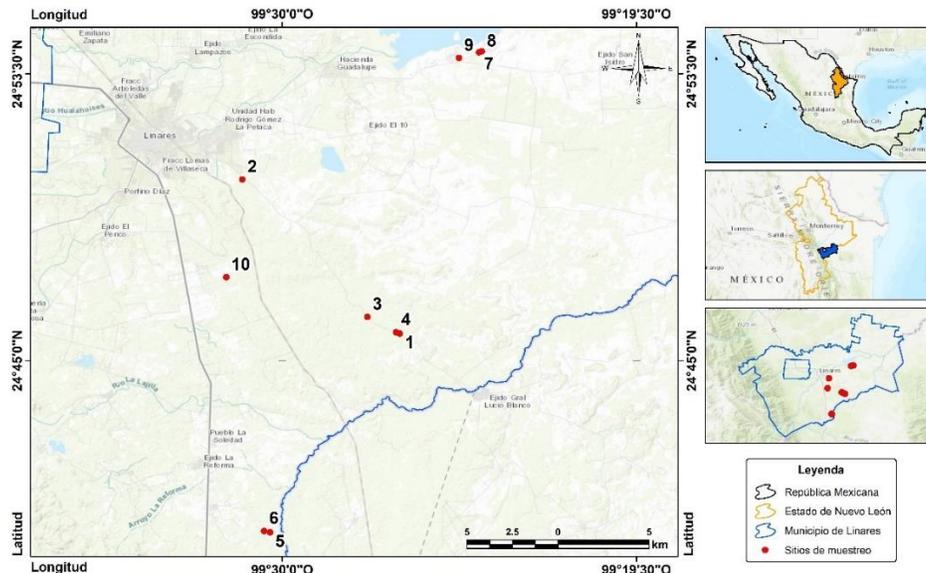
### Área de estudio

Los sitios de muestreo se encuentran ubicados en el municipio de Linares, Nuevo León, en el Noreste de México (Figura 1). Según la clasificación de Köppen el clima predominante es BS1hw, correspondiente al tipo semiárido, templado, con lluvias en verano (Peel *et al.*, 2007). En el área se registra una precipitación anual que oscila entre los 600 y 1000 mm, y una temperatura media anual de 22.3 °C (García, 1988). Los tipos de suelo predominantes en el área de estudio son de tipo Vertisol y Rendzina, que se encuentran en zonas planas y lomerío, y de tipo Litosol y Regosol, presentes en zonas de ubicadas en la Sierra madre Oriental y sus lomeríos colindantes (García-Hernández & Jurado, 2008).

Esta superficie se encuentra circunscrita en la Provincia Florística de Tamaulipas, donde predominan los matorrales xerófilos y bosques espinosos, con mayor presencia de los géneros *Acacia*, *Celtis* y *Prosopis* (ahora *Neltuma*), entre otros (Morrone, 2005). En el municipio se reconocen seis tipos de vegetación, entre los que se encuentra el matorral espinoso tamaulipeco (MET) en distintos grados de conservación (García-Hernández & Jurado, 2008). El MET está constituido hasta por 160 taxa de plantas herbáceas y leñosas, que pertenecen a 46 familias, siendo las mejor representadas Asteraceae, Cactaceae, Fabaceae y Poaceae (Foroughbakhch *et al.*, 2013).

### Diseño del muestreo

Con el propósito de localizar poblaciones del MET en condiciones de madurez sucesional o mejor integridad ecológica, se seleccionaron 10 localidades mediante verificación de campo y su revisión en imágenes satelitales de Google Earth. La selección de las localidades se realizó considerando criterios de composición florística (como la ausencia de especies invasoras asociadas con disturbios, ejemplares maduros y muertos en pie) e historia de uso de suelo (ausencia de actividades como desmontes, y actividades agropecuarias, de acuerdo con el registro histórico). En las localidades seleccionadas se tuvo conocimiento que la única alteración fue la colecta de algunos frutos y leña del suelo por pobladores locales. En la tabla 1 se muestra la ubicación, altitud, especies dominantes y tipo de suelo (INEGI, 2017) de las localidades estudiadas.



**Figura 1.** Mapa de ubicación geográfica del área de estudio. Las imágenes de la derecha muestran el mapa de México indicando el estado de Nuevo León, el estado de Nuevo León indicando el municipio de Linares y el municipio de Linares indicando las 10 localidades estudiadas. El mapa de la Izquierda es un acercamiento de la ubicación de la 10 localidades.

**Figure 1.** Geographic location map of the study area. The images on the right show the map of Mexico indicating the state of Nuevo León, the state of Nuevo León indicating the municipality of Linares, and the municipality of Linares indicating the 10 locations studied. The map on the left is a close-up of the location of the 10 locations.

**Tabla 1.** Variables bióticas (especies dominantes) y abióticas (elevación y tipo de suelo) de las localidades evaluadas.

**Table 1.** Biotic (dominant species) and abiotic (elevation and soil type) variables of the evaluated locations.

Localidad	Coordenadas	Elevación (msnm)	Especies	Tipo de suelo
1	24.4548°N 99.2631°O	331	<i>Havardia pallens</i> , <i>Cordia boissieri</i>	Xerosol, Regosol, Vertisol
2	24.5022°N 99.3111°O	340	<i>Havardia pallens</i> , <i>Cordia boissieri</i>	Xerosol, Regosol, Vertisol
3	24.4617°N 99.2728°O	336	<i>Havardia pallens</i> , <i>Acacia rigidula</i>	Xerosol, Regosol, Vertisol
4	24.4550°N 99.2637°O	330	<i>Havardia pallens</i> , <i>Cordia boissieri</i>	Vertisol
5	24.3954°N 99.3021°O	338	<i>Porlieria angustifolia</i> , <i>Havardia pallens</i>	Xerosol, Regosol, Vertisol
6	24.3956°N 99.3032°O	334	<i>Randia obcordata</i> , <i>Ebenopsis ebano</i>	Xerosol, Regosol, Vertisol
7	24.5481°N 99.2410°O	292	<i>Cordia boissieri</i>	Luvisol, Vertisol
8	24.5496°N 99.2405°O	293	<i>Vachellia farnesiana</i> , <i>Cordia boissieri</i>	Luvisol, Vertisol
9	24.5358°N 99.2445°O	290	<i>Prosopis laevigata</i> , <i>Cordia boissieri</i>	Luvisol, Vertisol
10	24.4728°N 99.3139°O	380	<i>Diospyros palmeri</i> , <i>Diospyros texana</i>	Xerosol, Regosol, Vertisol

### Análisis de la vegetación

En abril de 2019, se establecieron 10 cuadros de muestreo de 10 × 10 m (100 m<sup>2</sup>) en cada una de las 10 localidades del MET seleccionadas (100 cuadros en total). En cada cuadro se registraron y midieron los individuos leñosos con un diámetro mayor a los 4 cm, medidos a 10 cm de la base ( $d_{0.10} \geq 4$  cm). La medición del diámetro a 10 cm de la base es una medida estandarizada utilizada en matorrales (Alanís Rodríguez *et al.*, 2020). En el caso de los ejemplares que se ramifican desde la base se midieron todos los diámetros (Alanís Rodríguez *et al.*, 2020). A nivel de individuo, se registró su identidad taxonómica, y se les midió la altura total ( $h$ ) con una vara telescópica Hastings® E-15-1, el diámetro basal ( $d_{0.10}$ ) con una forcípula Haglöf Mantax Blue® 80 mm y los diámetros de copa ( $k$ ) en sentidos N-S y E-O con un flexómetro de 10 m Truper®. La identidad de los individuos fue determinada a nivel de especie por personal calificado de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Molina-Guerra *et al.*, 2019), con el apoyo de muestras de herbario y utilizando la plataforma Taxonomic Name Resolution Service, version 5.1.

### Análisis de los datos

El área basal de los fustes (m<sup>2</sup>) y la cobertura o el área de copa (m<sup>2</sup>) fueron calculados mediante la ecuación:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2$$

Donde  $A$  es el área,  $\pi$  = un valor constante de 3.1416 y  $d$  = diámetro. Para estimar el volumen de madera del tronco (m<sup>3</sup>) la fórmula utilizada fue la siguiente:

$$V = g * h * CM$$

Donde  $V$  es el volumen,  $g$  es la superficie supuesta circular del diámetro basal,  $h$  altura total del individuo y  $CM$  coeficiente mórfico, que para el matorral espinoso tamaulipeco es de 0.5 (Alanís Rodríguez *et al.*, 2020).

Se estimó por cada cuadro la riqueza de especies ( $S$ ), la abundancia ( $N$ ), y la densidad de individuos ( $N / ha$ ) representada esta como la abundancia por cuadro, extrapolada a una hectárea. Con estos valores se contrastaron las variables de cada una de las diez localidades evaluadas. Previo al análisis paramétrico, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas. Una vez verificados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor (localidad), para los valores de riqueza de especies ( $S$ ) por sitio de muestreo, área basal ( $m^2 / ha$ ), área de copa ( $m^2 / ha$ ) y volumen ( $m^3 / ha$ ). Como prueba *post hoc* se utilizó la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Los análisis se realizaron en el programa IBM SPSS Statistics 22.

De igual forma, se calculó la diversidad beta entre las localidades, definida como el grado de reemplazo de especies, o cambio biótico a través de condiciones ambientales (Whittaker, 1972); esta fue calculada mediante el uso del programa Past 3.14 (Hammer *et al.*, 2001), expresada a través del porcentaje de similitud (0% a 100%) y representada por medio del dendrograma de similitud de Bray-Curtis (Brower *et al.*, 1998).

## RESULTADOS

En total se registraron 29 especies de plantas vasculares leñosas con diámetro basal mayor a 4 cm, pertenecientes a 25 géneros y 15 familias (Tabla 2). Los géneros con dos especies fueron *Celtis*, *Diospyros*, *Eysenhardtia* y *Vachellia*. La familia más representada fue Fabaceae con 11 especies, seguida de Rutaceae con tres y Cannabaceae, Ebenaceae y Euphorbiaceae con dos especies cada una. De las 29 especies, 13 tienen porte arbóreo y 17 arbustivo.

**Tabla 2.** Lista florística registrada del matorral espinoso tamaulipeco muestreado en Linares, Nuevo León.

**Table 2.** Recorded floristic list of the Tamulipan thorn scrub sampled in Linares, Nuevo León.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma de crecimiento
Asparagaceae	<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Palma china	Arbórea
Boraginaceae	<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	Anacahuita	Arbórea
Cactaceae	<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyc ex Engelm.	Nopal	Arbustiva
Cannabaceae	<i>Celtis laevigata</i> Willd.	Palo blanco	Arbórea
Cannabaceae	<i>Celtis pallida</i> Torr.	Granjeno	Arbustiva
Celastraceae	<i>Schaefferia cuneifolia</i> A. Gray	Capul, Yupón	Arbustiva
Ebenaceae	<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	Chapote	Arbórea
Ebenaceae	<i>Diospyros texana</i> Scheele	Chapote manzano	Arbórea
Euphorbiaceae	<i>Bernardia myricifolia</i> (Scheele) S. Watson	Oreja de ratón	Arbustiva
Euphorbiaceae	<i>Croton incanus</i> Kunth	Salvia	Arbustiva
Fabaceae	<i>Erythrostemon mexicanus</i> (Rose) Gagnon & G.P. Lewis	Hierba del potro	Arbórea
Fabaceae	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	Ébano	Arbórea
Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Taray	Arbustiva
Fabaceae	<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele	Vara dulce	Arbustiva
Fabaceae	<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	Tenaza	Arbustiva
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	Arbórea
Fabaceae	<i>Parkinsonia texana</i> (A.Gray) S. Watson	Palo verde	Arbórea
Fabaceae	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Mezquite	Arbórea

Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma de crecimiento
Fabaceae	<i>Senegalia greggii</i> (A.Gray) Britton & Rose	Uña de gato	Arbustiva
Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Huizache	Arbustiva
Fabaceae	<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Gavia, chaparro prieto	Arbustiva
Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Panalero	Arbustiva
Rhamnaceae	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Coyotillo	Arbustiva
Rubiaceae	<i>Randia obcordata</i> S. Watson	Crucillo	Arbustiva
Rutaceae	<i>Casimiroa greggii</i> (S. Watson) F. Chiang	Manguito, chapote amarillo	Arborea
Rutaceae	<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray ex Hemsl.) Benth.	Barreta	Arborea
Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	Arbustiva
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I.M. Johnst.	Cenizo	Arbustiva
Zygophyllaceae	<i>Porlieria angustifolia</i> A. Gray	Guayacán	Arbustiva

Los valores de riqueza de especies ( $S$ ) por sitio de muestreo oscilaron entre  $3.90 \pm 1.1$  (media  $\pm$  desviación estándar) a  $6.2 \pm 1.22$ , mostrando diferencias ( $gl=14$ ;  $F=2.441$ ;  $p=0.004$ ). Las localidades que presentaron diferencias fueron las 7 y 8, el resto presentó similitud estadística (Tabla 3). Los resultados de la abundancia ( $N / ha$ ) oscilaron entre  $1160 \pm 142 N / ha$  a  $2640 \pm 527 N / ha$ , siendo el promedio de las 10 localidades  $1906 \pm 637 N / ha$ . En este parámetro ecológico, las localidades presentaron diferencias significativas ( $gl=14$ ;  $F=7.008$ ;  $p<0.001$ ) (Tabla 3).

Los valores del área basal oscilaron entre  $7.8 \pm 4.4$  y  $14.1 \pm 10.9 m^2 / ha$ ; la diferencia observada entre dichos valores fue estadísticamente significativa ( $gl=14$ ;  $F=2.734$ ;  $p=0.001$ ). El área de copa en ocho de las 10 localidades evaluadas superará los  $10000 m^2 / ha$ . Las localidades presentaron valores que variaron entre  $7333 \pm 2177$  y  $19206 \pm 6828 m^2 / ha$ ; la diferencia mostrada entre los valores de cobertura fue estadísticamente significativa ( $gl=14$ ;  $F=21.834$ ;  $p<0.001$ ). En cuanto a los valores de volumen de madera registrados para las localidades se observó una oscilación que va de  $17.2 \pm 24.52$  a  $38.4 \pm 41.9 m^3 / ha$ , diferencia que también fue estadísticamente significativa ( $gl=14$ ;  $F=2.734$ ;  $p=0.001$ ) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Valores promedios  $\pm$  desviación estándar de la riqueza de especies (S), abundancia (N / ha), área basal ( $m^2$  / ha), área de copa ( $m^2$  / ha) y volumen ( $m^3$  / ha) de las 10 localidades evaluadas. Letras diferentes (a, b, c) muestran diferencias significativas ( $P = 0.05$ ).

**Table 3.** Mean values  $\pm$  standard deviation of species richness (S), abundance (N / ha), basal area ( $m^2$  / ha), crown area ( $m^2$  / ha) and volume ( $m^3$  / ha) of the 10 evaluated locations. Different letters (a, b, c) show significant differences ( $P = 0.05$ ).

Localidades	Riqueza de especies (S)	Abundancia (N / ha)	Área basal ( $m^2$ / ha)	Área de copa ( $m^2$ / ha)	Volumen ( $m^3$ / ha)
1	4.9 $\pm$ 1.3 a,b	1920 $\pm$ 551 b,c,d,e	8.7 $\pm$ 8.3 a,b	9000 $\pm$ 3860 a,b	21.2 $\pm$ 24.3 a,b
2	5.7 $\pm$ 1.8 a,b	2140 $\pm$ 360 c,d,e	14.1 $\pm$ 10.9 a,b,c	11491 $\pm$ 3754 a,b,c	36.7 $\pm$ 51 a,b,c
3	4.5 $\pm$ 0.7 a,b	2160 $\pm$ 222 c,d,e	10.8 $\pm$ 14.4 a,b,c	7333 $\pm$ 2177 a	29.6 $\pm$ 58.4 a,b
4	5.1 $\pm$ 1.6 a,b	2180 $\pm$ 1117 c,d,e	7.8 $\pm$ 10.3 a	11364 $\pm$ 7459 a,b,c	17.2 $\pm$ 24.5 a,b
5	6 $\pm$ 1.3 a,b	1830 $\pm$ 552 b,c,d	12.3 $\pm$ 11 a,b,c	19206 $\pm$ 6828 d,e	38.4 $\pm$ 41.9 a,b,c
6	5.6 $\pm$ 1.2 a,b	2010 $\pm$ 213 c,d,e	7.8 $\pm$ 4.4 a,b	12344 $\pm$ 5228 a,b,c,d	18.3 $\pm$ 13.6 a,b
7	6.2 $\pm$ 1.2 b	2070 $\pm$ 189 c,d,e	13.3 $\pm$ 4.1 a,b,c	12751 $\pm$ 2818 a,b,c,d	31.8 $\pm$ 12.4 a,b,c
8	4.3 $\pm$ 2.9 a	2170 $\pm$ 362 c,d,e	13 $\pm$ 7.3 a,b,c	13312 $\pm$ 4648 b,c,d	31.6 $\pm$ 28.5 a,b,c
9	5.5 $\pm$ 1.6 a,b	2040 $\pm$ 963 c,d,e	13.1 $\pm$ 8.3 a,b,c	17439 $\pm$ 5463 c,d,e	36 $\pm$ 26.1 a,b,c
10	5.6 $\pm$ 1 a,b	1480 $\pm$ 239 a,b,c	13.9 $\pm$ 7.8 a,b,c	13108 $\pm$ 4969 a,b,c,d	36.1 $\pm$ 17.7 b,c

Las especies que destacaron por su presencia en las 10 localidades fueron *Cordia boissieri*, *Havardia pallens*, *Senegalia greggii* y *Vachellia rigidula*., Las especies *Casimiroa greggii*, *Croton incanus*, *Eysenhardtia texana* y *Opuntia engelmannii* fueron las que se encontraron en solo una localidad; mientras que *Celtis laevigata*, *Karwinskia humboldtiana* y *Leucaena leucocephala* se registraron en dos, y *Diospyros palmeri* y *Leucophyllum frutescens* estuvieron en tres de las 10 localidades muestreadas (Tabla 4).

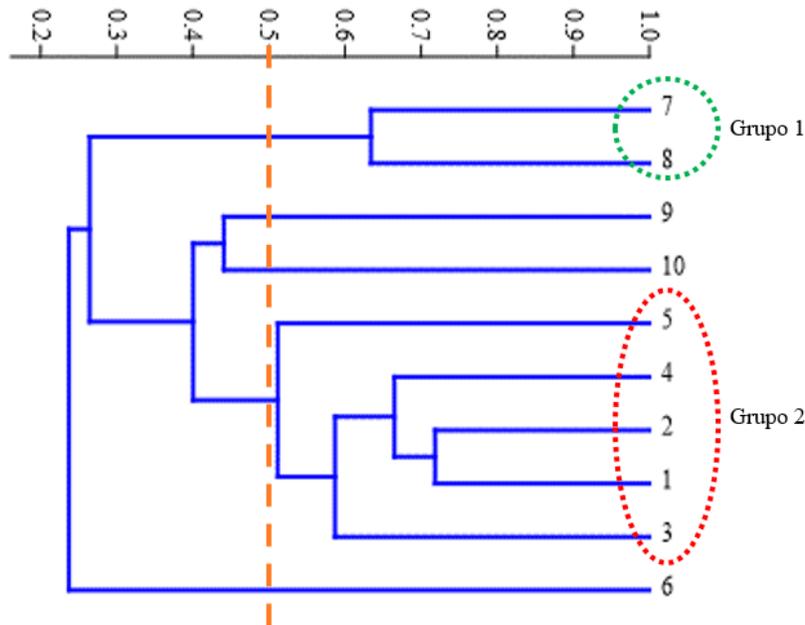
**Tabla 4.** Abundancias (N / ha) de las especies del MET en las 10 localidades muestreadas (ordenadas alfabéticamente) en Linares, Nuevo León. El guion representa la ausencia de organismos de la especie en el sitio correspondiente.

**Table 4.** Abundances (N / ha) of MET species in the 10 sampled locations (sorted alphabetically) in Linares, Nuevo León. The dash represents the absence of organisms of the species at the corresponding site.

Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Bernardia myricifolia</i>	10	-	-	10	-	-	-	-	-	-
<i>Erythrostemon mexicanus</i>	-	-	30	-	10	-	-	-	-	-
<i>Casimiroa greggii</i>	-	220	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Celtis laevigata</i>	-	-	-	10	-	-	-	-	-	10
<i>Celtis pallida</i>	-	-	-	-	-	210	230	190	120	-
<i>Cordia boissieri</i>	370	540	210	390	80	20	1010	570	320	80
<i>Croton incanus</i>	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
<i>Diospyros palmeri</i>	-	-	20	60	-	-	-	-	-	400
<i>Diospyros texana</i>	-	10	-	-	60	80	60	40	60	320
<i>Ebenopsis ebano</i>	10	30	-	40	200	220	10	-	100	30
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	90	-	-	70	30	-	10	60	-	-
<i>Eysenhardtia texana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200
<i>Forestiera angustifolia</i>	-	20	-	120	-	50	10	-	-	-

Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Havardia pallens</i>	630	580	580	750	410	130	100	50	280	290
<i>Helietta parvifolia</i>	40	-	700	200	10	-	-	-	-	-
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	-	-	-	-	-	-	40	50	-	-
<i>Leucaena leucocephala</i>	-	20	30	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leucophyllum frutescens</i>	110	-	20	-	-	-	10	-	-	-
<i>Opuntia engelmannii</i>	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parkinsonia texana</i>	30	30	-	10	-	-	20	10	30	-
<i>Porlieria angustifolia</i>	50	30	-	140	420	50	90	60	-	-
<i>Prosopis laevigata</i>	-	80	-	-	10	50	130	90	360	-
<i>Randia obcordata</i>	140	-	-	-	-	990	10	-	200	-
<i>Schaefferia cuneifolia</i>	60	120	70	80	140	30	90	-	60	-
<i>Senegalia greggii</i>	10	190	80	50	200	40	10	10	10	60
<i>Vachellia farnesiana</i>	-	10	-	80	-	-	100	800	150	-
<i>Vachellia rigidula</i>	300	210	410	100	260	50	130	190	300	90
<i>Yucca filifera</i>	40	50	10	30	-	20	-	-	10	-
<i>Zanthoxylum fagara</i>	20	-	-	30	-	70	10	50	40	-

El análisis de similitud entre las localidades estimada a través de la diversidad beta, muestra la formación de dos grupos en un punto de corte de 50% de similitud. El primero de ellos lo conforman las localidades 7 y 8 (las cuales tienen una similitud arriba del 61%); y el segundo, que agrupó la mitad de las localidades estudiadas, se conformó por las localidades 1, 2, 4, 3 y 5 (compartiendo las 4 primeras localidades del grupo una similitud por encima del 61%) (Figura 2). Las localidades 6, 9 y 10 no se agruparon al nivel de corte establecido del 50%, mostrando en común cerca del 42% de similitud.



**Figura 2.** Dendrograma de similitud de Bray-Curtis entre las localidades evaluadas (ver Figura 1). La línea punteada indica el nivel en el que se separan los grupos.

**Figure 2.** Bray-Curtis similarity dendrogram between the evaluated localities (see Figure 1). The dotted line indicates the level at which the groups separate.

## DISCUSIÓN

En nuestro estudio se registró una riqueza florística de 29 especies (12 arbóreas y 17 arbustivas), lo cual pudiera parecer baja comparada con el reporte de 160 taxa para el MET por otros autores; sin embargo, esto obedece a que en este trabajo solamente se muestrearon elementos leñosos. Sin embargo, nuestra riqueza fue similar a la observada por Nívar *et al.* (2002), quienes registraron 30 especies leñosas en cuatro sitios (con 55 parcelas muestreadas en total) de los estados de Coahuila, Nuevo León (Linares) y Tamaulipas; sin embargo, fue mayor a la registrada por Valdez *et al.*, (2018) para el grupo de arbustos y árboles de un área prístina del matorral espinoso tamaulipeco (un sitio tres parcelas de muestreo), en donde registraron una especie arbórea y 14 arbustivas; asimismo, la riqueza registrada en nuestro estudio fue menor que la observada por Reid *et al.*, (1990) para el grupo de leñosas y suculentas de gran talla, donde registraron 73 especies (en 39 sitios de muestreo). Las diferencias observadas con relación a estos estudios del MET en el municipio de Linares pueden ser en parte resultado del esfuerzo y distribución del muestreo. Especies como *Karwinskia humboldtiana*, *Erythrostemon mexicanus*, *Parkinsonia texana*, *Porlieria angustifolia*, *Eysenhardtia texana*, *Senegalia greggii*, *Leucaena leucocephala* y *Vachellia rigidula*, no fueron registradas para el MET en los trabajos que estudiaron MET prístinos (Reid *et al.*, 1990; Navar *et al.*, 2002; Valdez *et al.*, 2018); en este contexto resulta relevante mencionar que al menos las cinco últimas especies mencionadas con anterioridad, sí son características del MET con disturbio antropogénico anterior (Alanís Rodríguez *et al.*, 2013; Molina-Guerra *et al.*, 2013; Patiño-Flores *et al.*, 2021).

La familia con mayor número de especies fue Fabaceae con 11 especies seguida de Rutaceae con tres y Cannabaceae, Ebenaceae y Euphorbiaceae con dos especies respectivamente. Nuestros resultados son similares a los registrados por García-Hernández & Jurado (2008), Mora-Donjuan *et al.* (2013), Graciano-Ávila *et al.* (2018), (Alanís-Rodríguez *et al.* (2018) y Valdez *et al.* (2018) en los que las leguminosas (Fabaceae) dominan las áreas de matorral evaluadas en Nuevo León. Esta familia es un grupo bien representado en la vegetación del Noreste de México (Estrada Castellón *et al.*, 2004); en particular, este taxón ha registrado tan solo en la región centro del estado de Nuevo León 168 especies (Estrada Castellón *et al.*, 2004). Esta familia presenta una distribución cosmopolita (Estrada Castellón *et al.*, 2005; Lewis *et al.*, 2005) y, en general, tiene la ventaja de poder cubrir sus requerimientos de Nitrógeno y además facilitar el que sus plantas vecinas logren obtenerlo, lo que ayuda a explicar su amplia distribución (Pirhofer-Walzl *et al.*, 2012).

Los valores del área basal presentaron una alta oscilación entre sitios, de  $7.8 \pm 4.4$  a  $14.1 \pm 10.9$  m<sup>2</sup>/ha, y todos por debajo de lo reportado por Jiménez-Pérez *et al.* (2009) para un área de uso ganadero con 29.80 m<sup>2</sup>/ha pero similar a los resultados de Leal-Elizondo *et al.* (2018) en un matorral regenerado postpecuario de 20 años obtuvieron 13.76 m<sup>2</sup>/ha. Estos valores de área basal podrían explicarse con base a que en el área de ganadería existe el impacto constante y los individuos presentan diámetros mayores y la competencia por el recurso es menor que en el área de matorral maduro, donde las altas densidades de plantas provocan alta competencia por recursos y no logren desarrollar diámetros considerables. A pesar de que en la selección de sitios se verificó la ausencia de actividades como desmontes, y actividades agropecuarias, los datos registrados indican cierto disturbio previo. Nuestros datos apoyan en parte las observaciones realizadas por García-Hernández y Jurado (2008) en el sentido de que más del 99% del matorral del municipio de Linares ha sufrido algún grado de alteración derivada de algún tipo de actividad productiva de origen antropogénica, misma que data desde los años 1920.

En cuando a la riqueza de especies, solo los sitios 7 y 8, y a pesar de su cercanía, mostraron diferencia en esta variable. Reid *et al.*, (1990) explican que la variabilidad florística, así como el número de especies que se presenten en distintas locaciones del MET, pueden ser determinadas por no solo por factores varían a escala regional como clima, sino también por otro de variación también local, como topografía, tipo de suelo, sustrato y profundidad del suelo, manejo e historia del uso.

El área total de copa registrada mostró un valor promedio de  $12734 \pm 4720$  m<sup>2</sup>/ha, siendo el área total muestreada de 10,000 m<sup>2</sup>. La mayor cobertura de copa observada, en comparación con el total del área muestreada, denota la sobreposición de las copas de árboles y arbustos. Esta

sobreposición se registró en ocho sitios de los 10 muestreados. La sobreposición de copa ha sido ampliamente documentada (Martínez Hernández *et al.* 2014; Mora-Donjuan *et al.* 2013) y se debe a que existen al menos dos cohortes de altura, y/o dos estratos, el de especies de porte arbóreo y el de porte arbustivo, y en parte puede explicarse por la facilitación que los individuos del dosel ofrecen a la vegetación del subdosel (Návar *et al.*, 2014). Sánchez-Reyes (2021) explican que un dosel denso (representado por una alta cobertura como la observada en varios sitios), favorece que los arbustos y árboles jóvenes que crecen en el sotobosque, disminuyan sus tasas de evaporación debido a la protección de nodricismo conferida por las especies del dosel, representada en su estudio por *Ebenopsis ebano*, *Cassimiroa greggii*, *Ocotea tampicensis* y *Havardia pallens*, esta última bien representada en todo los sitios muestreados en el nuestro. Debido a que las especies vegetales del matorral espinoso tamaulipeco tienen poco aprovechamiento maderable se han desarrollado escasas investigaciones que evalúen el volumen maderable (Alanís Rodríguez *et al.*, 2021; Foroughbakhch *et al.*, 2014; Foroughbakhch *et al.*, 2012; Ngangyo Heya *et al.*, 2017). Los resultados del volumen de madera entre las localidades presentaron una alta oscilación entre sitios y dentro de los mismos, de  $17.2 \pm 24.52$  a  $38.4 \pm 41.9$   $\text{m}^3/\text{ha}$ . Esta variación se relaciona con la observada en el área basal, y con la variación de crecimiento de los individuos presentes, su composición florística, y de formas de crecimiento (mayores volúmenes en sitios 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10 con dominancia de especies arbóreas). Esta información es importante dado que Leal-Elizondo *et al.* (2018) encontraron  $26.74 \text{ m}^3/\text{ha}$  en un área de matorral espinoso postganadería, mientras que, según los datos presentados por Návar *et al.* (2002) para el MET, cerca de  $27.38 \text{ m}^3/\text{ha}$  aproximadamente. Es de importancia en futuros estudios incluir esta variable para conocer el potencial maderable que tienen las especies del matorral si es que en algún momento se realizara un aprovechamiento sostenible de los árboles. Las abundancias de las plantas leñosas muestreadas oscilaron en promedio de  $2000 \pm 476 \text{ N ha}^{-1}$  en las 10 localidades siendo estas inferiores a otros estudios. Martínez Hernández *et al.* (2014) observaron abundancias de  $4766 \text{ N ha}^{-1}$  evaluando todos los individuos leñosos  $\geq 0.5$  cm de diámetro en un MET de Linares, Nuevo León; Jiménez-Pérez *et al.* (2013) llegaron a estimar  $16983 \text{ N ha}^{-1} \pm 3,429 \text{ N ha}^{-1}$  en un área con historial de pastoreo con producción intensiva. La diferencia entre otros estudios podría deberse a que en este trabajo fueron considerados solo los individuos con diámetro  $\geq 4$  cm como se sugiere para especies de matorrales por Alanís Rodríguez *et al.* (2020). La especie arbórea con mayor abundancia, y presencia en las 10 localidades fue *Cordia boissieri*, seguida en abundancia de *Helietta parvifolia* (presente en 3 localidades), *Ebenopsis ebano* (en las localidades 1, 2, 4 y 5, en la 7; y en las 6, 9 y 10;). Nuestros registros concuerdan con los datos de Reid *et al.* (1990), Valdez *et al.* (2018) y Návar *et al.* (2002), en los que se registra la presencia de estas especies, como en particular *Cordia boissieri* (Estrada Castellón *et al.*, 2004; INEGI, 2002). Estrada Castellón *et al.* (2005), Rzedowski (2006) y García-Hernández & Jurado (2008) identifican a *Helietta parvifolia* como especie representativa del matorral submontano con fisionomía de matorral alto característico de localidades con mayor elevación, en zonas de transición entre el matorral alto submontano y el espinoso tamaulipeco y, en áreas que no han sido afectadas por impactos atópicos. Así, el matorral submontano y el MET, pueden estar en colindancia y entremezclarse, compartiendo algunas especies más características de uno o de otro (Mora-Olivo *et al.*, 2016). *Helietta parviflora* se encuentran presente las localidades 1, 3, 4 y 5, que conforman el Grupo 2 (Figura 2), lo que estaría explicando la cercanía de cada uno de estos sitios a área con matorral submontano. El grupo 2 se encuentra agrupando localidades caracterizados todos ellos por suelos de tipo Xerosol, Regosol y Vertisol. Se ubican al sur y sureste de la ciudad de Linares. Por otro lado, *Parkinsonia texana* y *Diospyros texana* fueron las especies arbóreas que caracterizaron al grupo 1 (Figura 2). La primera no ha sido regularmente registrada como especie característica del MET prístino, y ha sido registrada en MET secundario con historial de ganadería (Alanís *et al.*, 2013); mientras que la segunda es una especie característica del MET, identificada como tal en varios estudios (Návar *et al.*, 2002; Reid *et al.*, 1990; Valdez *et al.*, 2018). El grupo 1 está compuesto por las localidades 7 y 8, caracterizadas por suelos de tipo Luvisol y Vertisol, y ubicadas al noreste de la ciudad de Linares, más al este de la Sierra Madre Oriental que las localidades del grupo 2.

La especie arbustiva más abundante fue *Havardia pallens*, seguida de *Vachellia rigidula* ambas presentes en las 10 localidades, seguida de *Randia obcordata* presente solo en las localidades 1,

así como en las 6, 7 y 9. Reid *et al.*, (1990), García-Hernández y Jurado, (2008) y Valdez *et al.* (2018) registraron también a *Havardia pallens* como una de las especies características del MET. Si bien *Vachellia rigidula* no figura como especie propia del MET en todos los estudios, esta es identificada en algunos otros (Návar *et al.*, 2002; Valdez *et al.*, 2018), principalmente en MET de origen secundario (Alanís Rodríguez *et al.*, 2013; Molina-Guerra *et al.*, 2013; Patiño-Flores *et al.*, 2021). Las especies arbustivas representativas del grupo 1 fueron *Eysenhardtia polystachya*, *Porlieria angustifolium*, *Celtis pallida*, *Zanthoxylum fagara* y *Karwinskia humboldtiana*, todas representativas del MET bien conservado de acuerdo con los estudios de Reid *et al.*, (1990), Návar *et al.*, (2002), García-Hernández & Jurado, (2008) y Valdez *et al.* (2018). Por otro lado, la especie arbustiva que caracterizó al grupo 2 fue *Schaefferia cuneifolia*, especie identificada como parte del MET (Návar *et al.*, 2002; Reid *et al.*, 1990; Valdez *et al.*, (2018). Con relación a la formación de los grupos 1 y 2 antes descritos, de acuerdo con Reid *et al.* (1990), existe un gradiente climático ocasionado por el efecto orográfico de la Sierra Madre Oriental, y al aumento gradual de la elevación de este a oeste. Debido a esto, hacia la Sierra Madre Oriental y el sur de la ciudad de Linares, donde se ubican las localidades del grupo 2, persisten condiciones más frescas y húmedas, mientras que al norte y noreste de la Ciudad, las condiciones son más cálidas y secas (zona de ubicación de las localidades del grupo 2). En su estudio, Reid *et al.*, (1990), identificaron que *Hellieta parviflora*, característica del grupo 2 de nuestro estudio, se asocia con zonas más húmedas y frescas, y no se ubicó dentro del gradiente en las zonas secas y cálidas, que en nuestro estudio correspondieron a la ubicación del grupo 1, en la que, además, en nuestro caso, resultó ausente. En este contexto, la ubicación distal de las localidades, a lo largo del gradiente expuesto, explica en buena medida las composiciones diferenciadas en nuestro análisis. Reid *et al.* (1990), además explican que la variabilidad florística, del MET, pueden ser ocasionada por factores como clima, como topografía, tipo de suelo, sustrato y profundidad del suelo, y manejo e historia del uso. En nuestro estudio, varias de las especies no características del matorral prístino, pero propias del MET secundario caracterizaron la variabilidad entre sitios.

## CONCLUSIONES

Con base en la estructura y composición florística, se concluye que la comunidad estudiada está en buen estado de conservación o en un estado avanzado de sucesión, pues solamente una especie (*Vachellia farnesiana*) es indicadora de perturbación.

Las localidades de matorral espinoso tamaulipeco evaluadas presentaron una alta variabilidad en abundancia, área basal, área de copa y volumen. La variabilidad observada puede ser explicada por factores climáticos, edáficos y de uso de suelo (pasado y/o actual), lo que promueve la variabilidad del MET. Aun cuando las localidades no presentan disturbios importantes, las leguminosas son las que dominan las áreas, por lo que además de ser especies pioneras, pueden ser aún dominantes en el matorral espinoso tamaulipeco maduro.

Es importante propiciar la conservación de este matorral, de tal manera que siga siendo una comunidad de referencia para futuros trabajos de reforestación en áreas degradadas o que hayan perdido su cobertura vegetal.

## AGRADECIMIENTOS

El segundo autor recibió una beca del CONACYT para realizar sus estudios de posgrado. Agradecemos a todo el personal que apoyó con las actividades de campo, especialmente al Sr. Guadalupe Pérez Malacara. Se agradece a Yulia Abigail Ortiz Cuevas por su apoyo con la literatura citada.

## LITERATURA CITADA

- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Tagle, G., Yerena Yamallel, J. I., Cuellar Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2013). Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Phyton (Buenos Aires)*, 82(2), 185–191.
- Alanís Rodríguez, E., Mora Olivo, A., & Marroquín de la Fuente, J. (2020). *Muestreo ecológico de la vegetación*. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León .
- Alanís Rodríguez, E., Valdecantos-Dema, A., Canizales-Velázquez, P. A., Collantes-Chavez-Costa, A., Rubio-Camacho, E., & Mora-Olivo, A. (2018). Análisis estructural de un área agroforestal en una porción del matorral xerófilo del noreste de México. *Acta Botanica Mexicana*, 125, 133–156. <https://doi.org/10.21829/abm125.2018.1329>
- Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M., Collantes-Chávez-Costa, A., Buendía-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., Sánchez-Castillo, L., & Alcalá-Rojas, A. G. (2021). Structure and composition of woody plant community in assisted and unassisted ecological succession in a Tamaulipan thornscrub, Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 94, 6. <https://doi.org/10.1186/s40693-021-00102-6>
- Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental*, 1, 6–16.
- Brower, J. E., Zar, J. H., & Von-Ende, C. N. (1998). *General Ecology*. McGraw-Hill.
- Egan, D., & Howell, E. A. (2005). *The historical ecology handbook: a restorationist's guide to reference ecosystems*. Island Press. .
- Estrada Castellón, E., Villarreal Quintanilla, J. Á., & Jurado, E. (2005). Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta Botanica Mexicana*, 73, 1–18. <https://doi.org/10.21829/abm73.2005.1003>
- Estrada Castellón, E. Yen Méndez, C., Delgado Salinas, A., Villarreal Quintanilla, J. A. (2004). Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 75, 73–85.
- Foroughbakhch, R., Hernández-Piñero, J. L., & Carrillo-Parra, A. (2014). Adaptability, growth and firewood volume yield of multipurpose tree species in semiarid regions of Northeastern Mexico. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 2(12), 444–453. <http://dx.doi.org/10.15739/IJAPR.016>
- Foroughbakhch, R., Alvarado-Vázquez, M. A., Carrillo Parra, A., Hernández-Piñero, J. L., & Lucio, G. (2013). Floristic diversity of a shrubland in northeastern Mexico. *Phyton*, 82(2), 175–184. <https://www.revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol82/FOROUGHBAKHCH.pdf>
- Foroughbakhch R, Carrillo Parra, A., Hernández Piñero, J. L., Alvarado Vázquez, M. A. Rocha Estrada,S., & Cardenas, M. A. (2012). Wood volume production and use of 10 woody species in semiarid zones of Northeastern Mexico. *International Journal of Forestry Research*, 2012, 1-7. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2012/529829>
- García, E. (1988). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana* (4a ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Hernández, & Jurado, E. (2008). Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares, N.L., México. *Ra Ximhai*, 4(1), 1–21. <https://doi.org/10.35197/rx.04.01.2008.01.jghej>
- González Ovando, M. L., Plascencia Escalante, F. O., & Martínez-Trinidad, T. (2016). Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlán. *Madera y Bosques*, 22(2), 41–52.
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó. A., González-Tagle, M. A., Rubio-Camacho, E. A., & Mata-Balderas, J. M. (2018). Caracterización y estructura florística de un grupo funcional vegetal del matorral espinoso tamaulipeco. *Gayana Botánica*, 75(1), 512–523. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432018000100512>
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis Paleonotol. *Electronica*, 1, 9.
- INEGI. (2002). *Uso actual del suelo en los núcleos agrarios. Aspectos geográficos de Nuevo León*.
- INEGI. (2017). *Carta edafológica : escala 1:250 000. México*.

- Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., González Tagle, M. A., Aguirre Calderón, O. A. & Treviño Garza, E. J. (2013) Characterizing regeneration of woody species in areas with different land-history tenure in the Tamaulipan thornscrub, Mexico," *The Southwestern Naturalist* 58(3), 299-304. <https://doi.org/10.1894/0038-4909-58.3.299>
- Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Pando-Moreno, M., & González Tagle, M. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera Bosques*, 15(3), 5–20. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v15n3/v15n3a1.pdf>
- Johnson, E. A., & Miyanishi, K. (2020). Disturbance and succession. En Johnson, E. A., & Miyanishi, K. (Eds.), *Plant disturbance ecology* (pp. 1-15). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818813-2.00001-0>
- Leal-Elizondo, N. A., Alanís-Rodríguez, E., Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., & Yerena-Yamallel, J. I. (2018). Estructura y diversidad de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco regenerado post-ganadería en el noreste de México. *Polibotánica*, 45: 75-88. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.6>
- Lewis, G. P. (2005). *Caesalpinieae*. In *Legumes of the world*. (G. Lewis, B. Schrire, B. Mackinder, & M. Lock, Eds.). Royal Botanic Gardens.
- Martínez Hernández, D. D., Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., Uvalle Saucedo, J. I., Canizales Velázquez, P. A., & Rocha Domínguez, L. (2014). Regeneración natural del matorral espinoso tamaulipeco en una plantación de *Eucalyptus* spp.. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(21), 94–107.
- McDonald, T., Gann, G., Jonson, J., & Dixon, K. (2016). *International standards for the practice of ecological restoration—including principles and key concepts*. (Soil-Tec, Inc).
- Molina Guerra V.M, Mora Olivo A., Alanís Rodríguez, E., Soto Mata, B., & Patiño Flores, A. M. (2019). *Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México*. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Molina-Guerra, V. M., Pando-Moreno, M., Alanís- Rodríguez, E., Canizales-Velázquez, P. A., González- Rodríguez, H. y Jiménez-Pérez, J. (2013). Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(3), 361–371.
- Molina-Guerra, V. M., Pando-Moreno, M., Alanís-Rodríguez, E., Canizales-Velázquez, P. A., Rodríguez, H. G., & Jiménez-Pérez, J. (2013). Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 4(3), 361–371.
- Mora, C. A., Alanís, E., Jiménez, J., González, M. A., Yerena, J. I., & Cuellar L.G. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada* , 12(1), 29–34.
- Mora-Olivo, A., Alanís-Rodríguez, E., Marroquín-Castillo, J. J., Sarmiento-Muñoz, T. I., Martínez-Ávalos, J. G., Garza-Ocañas, F., & Torres-Castillo, J. A. (2016). Structure and diversity of a submontane scrub Community in Tamaulipas, Mexico. *Interciencia*, 41(11), 769–773.
- Morrone, J. J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76(2), 207–252.
- Návar, J., Rodríguez-Flores, F. J., Domínguez-Calleros, P. A., & Pérez-Verdín, G. (2014). Diversity-Productivity Relationship in the Northeastern Tamaulipan Thornscrub Forest of Mexico. *International Journal of Ecology*, 1, 196073.
- Návar, J., Méndez, E., & Dale V. (2002). Estimating stand biomass in the Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. *Annals of Forest Science*, 59(8), 813–821.
- Ngangyo Heya, M., Foroughbakhch Pournavab, R., Carrillo Parra, A., Maiti, R., Salas Cruz, L.R. (2017). Timber-yielding plants of the Tamaulipan thorn scrub: Forest, fodder, and bioenergy potential. *Biology, Productivity and Bioenergy of Timber-Yielding Plants: An Experimental Technology*, 1–119.
- Patiño-Flores, A., Alanís-Rodríguez, E., Jurado, E., González-Rodríguez, H., Aguirre-Calderón, O., & Molina-Guerra, V. (2021). Estructura y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco regenerado posterior a uso pecuario. *Polibotánica*, 52, 75–88.

**Recibido:**  
31/julio/2024

**Aceptado:**  
17/diciembre/2024

- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Pequeño Ledezma, M. A., Alanís Rodríguez, E., Molina Guerra, V. M., Mora Olivo, A., Alcalá Rojas, A. G., Martínez Ávalos, J. G., & Garza Ocañas, F. (2018). Plant composition and structure of two post-livestock areas of Tamaulipan thornscrub, Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 91, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40693-018-0074-9>
- Pirhofer-Walzl, K., Rasmussen, J., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Søgaard, K., & Rasmussen, J. (2012). Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil*, 350(1–2), 71–84. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0882-z>
- Reid, N., Smith, D. M., Beyer-Miinzal, P., & Marroquin, J. (1990). Floristic and structural variation in the Tamaulipan thornscrub, northeastern Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 1(4), 529–538.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. (1ª Edición digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sabattini, J. A., & Sabattini, R. A. (2018). Sucesión vegetal y restauración ecológica. *Revista Científica Agropecuaria*, 22(1–2), 31–53.
- Sánchez-Reyes, U. J., Niño-Maldonado, S., Barrientos-Lozano, L., Treviño-Carreón, J., Meléndez-Jaramillo, E., Sandoval-Becerra, F.M., & Jones, R. W. (2021). Structural changes of vegetation and its association with microclimate in a successional gradient of low thorn forest in northeastern Mexico. *Plant Ecology*, 222, 65–80. <https://doi.org/10.1007/s11258-020-01088-z>
- SER. (2004). *What is ecological restoration?* Society for Ecological Restoration. <http://ser-rrc.org/what-is-ecological-restoration/>
- Valdez M., Valdés G., A., Forougbakhch P., R., Alvarado V., A. A., & Rocha E., A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso pristino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1674–1682. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44959684027>
- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz Gallegos, J. R., Mayorga Saucedo, R., Alcántara, P. C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., & Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica*, 62, 21–37. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906202.pdf>
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(1–2), 213–251. <https://doi.org/10.2307/1218190>
- Wiens, J. A. (1996). *Coping with variability in environmental impact assessment*. En Baird, D.J., L. Maltby, P. W. Greig-Smith, P. E. T. Douben. (Eds.), *ECOTOXICOLOGY: Ecological Dimensions* (pp. 55-70). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-1541-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1541-1_6)