

Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

# ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO REGENERADO POSTERIOR A USO PECUARIO

# STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB REGENERATED AFTER USE FOR LIVESTOCK

Patiño-Flores, A.M.; E. Alanís-Rodríguez, E. Jurado, H. González-Rodríguez, O.A. Aguirre-Calderón y V.M. Molina-Guerra.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO  
REGENERADO POSTERIOR A USO PECUARIO.

STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB REGENERATED  
AFTER USE FOR LIVESTOCK.

## ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO REGENERADO POSTERIOR A USO PECUARIO

## STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB REGENERATED AFTER USE FOR LIVESTOCK

Patiño-Flores, A.M.;  
E. Alanís-Rodríguez,  
E. Jurado,  
H. González-Rodríguez,  
O.A. Aguirre-Calderón  
y V.M. Molina-Guerra

ESTRUCTURA Y  
DIVERSIDAD DEL  
MATORRAL ESPINOSO  
TAMAULIPECO  
REGENERADO POSTERIOR  
A USO PECUARIO

STRUCTURE AND  
DIVERSITY OF THE  
TAMAULIPAN  
THORNSCRUB  
REGENERATED AFTER  
USE FOR LIVESTOCK

POLIBOTÁNICA  
Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 75-88. Julio 2021

DOI:  
10.18387/polibotanica.52.6

A.M. Patiño-Flores  
E. Alanís-Rodríguez / [eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx)

E. Jurado

H. González-Rodríguez  
O.A. Aguirre-Calderón

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales,  
Carretera Linares-Cd. Victoria km 145, Apdo. Postal 41, CP 67700,  
Linares, Nuevo León, México.

V.M. Molina-Guerra

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales,  
Carretera Linares-Cd. Victoria km 145, Apdo. Postal 41, CP 67700,  
Linares, Nuevo León, México.

RENAC Asesorías Ambientales, S.A. de C.V., Calle Perlitas 127,  
Fraccionamiento las Glorias, CP 67710, Linares, Nuevo León, México.

**RESUMEN:** La actividad pecuaria ha provocado el cambio en la estructura vegetal de las comunidades en el noreste de México. En los últimos años se ha estudiado la estructura del matorral espinoso tamaulipeco después de haber estado bajo alguna actividad antropogénica, pero pocas investigaciones han abordado el tema de la filogenia para comprender el ensamblaje de las especies después del disturbio. En el presente estudio, el objetivo fue evaluar la composición, estructura y diversidad de una comunidad vegetal regenerada posterior a uso pecuario con 36 años de regeneración. Además, se evaluó si la distancia filogenética entre individuos correlacionaba con la distancia física. Se espera que los individuos más emparentados se encuentren más alejados entre sí como una estrategia de disminución de competencia. Se establecieron cuatro parcelas de 40 m x 40 m. A cada individuo  $>1$  cm de diámetro basal  $d_{0.10}$  se le midió la altura total, diámetro basal y el diámetro de copa en sentido norte-sur y este-oeste. Para el análisis filogenético se eligieron *Havardia pallens*, *Vachellia farnesiana* y *Zanthoxylum fagara* como especie focal y se midió la distancia física en cm con sus cinco vecinos más cercanos. La distancia filogenética se estimó mediante Time Tree, entre la especie focal y sus cinco vecinos más cercanos. Se registraron 15 especies presentes en los estratos bajo y medio. Con el análisis de filogenia *Vachellia farnesiana* presentó una correlación negativa entre la distancia física y la distancia filogenética, por lo que es una especie facilitadora para sus vecinos más cercanos.

**Palabras clave:** facilitación, filogenia, regeneración, rasgos funcionales.

**ABSTRACT:** Livestock activity has caused a change in the plant structure of the communities in northeast Mexico. In recent years, the structure of the Tamaulipas thorn scrub has been studied after having been under some anthropogenic activity, but little research has addressed the issue of phylogeny to understand the assembly of species after the disturbance. In the present study, the objective was to evaluate the composition, structure and diversity of a regenerated plant community after livestock use with 36 years of regeneration. In addition, we evaluated if the phylogenetic

distance between individuals correlated with the physical distance. It is expected that the most related individuals are more distant from each other as a strategy to reduce competition. Four plots of 40 m x 40 m were established. For each individual  $> 1$  cm basal diameter  $d_{0.10}$ . Total height, basal diameter and crown diameter were measured in the north-south and east-west directions. For the phylogenetic analysis, *Havardia pallens*, *Vachellia farnesiana* and *Zanthoxylum fagara* were chosen as focal species and the physical distance in cm with its five closest neighbors was measured. Phylogenetic distance was estimated by Time Tree, between the focal species and its five closest neighbors. Fifteen species were recorded present in two low and middle strata. With the phylogeny analysis, *Vachellia farnesiana* showed a negative correlation between physical distance and phylogenetic distance, making it a facilitating species for its closest neighbors.

**Key words:** facilitation, phylogeny, regeneration, functional traits.

## INTRODUCCIÓN

El matorral espinoso tamaulipeco es la comunidad vegetal más abundante en el noreste de México, con una superficie de 125,000 km<sup>2</sup> (González, 1985). Dicha comunidad posee una densidad de 15,000 a 21,000 N ha<sup>-1</sup> constituidos por más de 50 especies arbóreas y arbustivas (Molina-Guerra *et al.*, 2019). Los matorrales se han degradado debido al cambio en el uso de suelo, por actividades como minería, ganadería, agricultura, entre otras; lo que ocasiona que la estructura y composición original se vean alteradas (Alanís Rodríguez *et al.*, 2013; Molina-Guerra *et al.*, 2013; Mora *et al.*, 2013). El matorral ha registrado una pérdida de 953,000 ha por cambio de uso de suelo entre los años 1993 a 2002, lo que lo coloca en el segundo lugar de ecosistemas más afectados en México (SEMARNAT, 2006).

Una de las actividades de cambio de uso del suelo más utilizadas en el noreste de México es la eliminación total de la vegetación nativa para el establecimiento de pastos exóticos (principalmente *Cenchrus ciliaris*) destinados a la actividad pecuaria de ganado vacuno (Aguirre y Mendoza *et al.* 2009; Quero, 2013). Estas áreas son utilizadas durante cierto periodo; después, cuando la productividad disminuye son abandonadas y la vegetación leñosa se regenera (Mora *et al.*, 2013). Estos cambios alteran la estructura de las comunidades vegetales, que, para lograr recuperarse, dentro del ecosistema se presentan interacciones entre las especies que pueden ser negativas como competencia (Boucher *et al.* 1982) y positivas, también conocidas como facilitación (Stachowicz, 2001). Mediante la facilitación las especies que son menos tolerantes llegan a establecerse debajo o cerca de otras, que mejoran el microclima para su mejor desarrollo (Padilla y Pugnaire, 2006).

Incorporar la información filogenética de las especies en estudios de comunidades vegetales ha demostrado que es de gran utilidad para lograr entender los cambios en la composición de las especies (Penone *et al.*, 2014). La filogenia ha ganado importancia dentro de la facilitación a través de millones años desde un ancestro en común y determinar que entre más emparentados los árboles y arbustos menor es la competencia por los recursos del sitio (Brooker *et al.*, 2008; Valiente-Banuet y Verdú, 2007). Las especies que son ecológicamente similares comparten rasgos funcionales, los cuales son atributos que determinan la sobrevivencia, interacción entre ellas y cómo contribuyen al funcionamiento del ecosistema (Violle *et al.* 2007). Existen rasgos que tienen efectos considerables para el buen funcionamiento del ecosistema como lo son tasa de descomposición, ciclo de nutrientes, secuestro de carbono (Weedon *et al.*, 2009), entre otros. Las relaciones filogenéticas entre las plantas han sido poco estudiadas en el matorral espinoso tamaulipeco (Marroquín *et al.* 2019), por lo que el estudio de la filogenia con respecto a los vecinos más cercanos es de gran importancia.

En el matorral espinoso tamaulipeco, se han generado investigaciones que evalúan a corto plazo (< 21 años) las comunidades vegetales regeneradas posterior a uso pecuario (Alanís *et al.*, 2008; Leal Elizondo *et al.*, 2018; Pequeño-Ledezma *et al.*, 2012), pero se desconoce cómo son a

mayor plazo. La presente investigación evalúa la composición, estructura, diversidad y filogenia de una comunidad vegetal regenerada posterior a uso pecuario con 36 años de regeneración. La hipótesis es que a menor distancia física será mayor la distancia filogenética entre la especie focal y sus vecinos más cercanos.

## MÉTODO

### Área de estudio

El estudio se realizó en una comunidad vegetal de matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México, en el municipio de Linares, Nuevo León. El área de estudio se localiza entre las coordenadas 24°48' de latitud Norte y 99°32' longitud Oeste, con una altitud de 350 m. El clima en la región es semiseco, muy cálido, con lluvias en el verano (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1986). La temperatura promedio mensual oscila entre 14.7 °C en enero a 22.3 °C en agosto. La precipitación promedio anual fluctúa entre 500 y 700 mm (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1986).

### Trabajo de campo

Para analizar la regeneración del elemento leñoso, se seleccionó una superficie de 22 ha de matorral con historial de uso pecuario. El área fue desmontada con maquinaria agrícola y después fue sembrado zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). El área fue abandonada en el año 1982, después de ser utilizada para el pastoreo de ganado vacuno. En el verano de 2018 (36 años después del cese de la actividad productiva), se establecieron de manera aleatoria cuatro parcelas de 40 m × 40 m (1,600 m<sup>2</sup>), colocando estacas en cada una de las esquinas para su delimitación, además de un elemento de la brigada para mayor visibilidad. En cada parcela se cuantificaron todos los individuos arbóreos y arbustivos > 1 cm de diámetro basal. A cada uno de los individuos, se le tomaron medidas dasométricas de altura total (*h*, m), diámetro basal (*d<sub>0.10</sub>*, cm) y diámetro de copa (m) en sentido norte-sur y este-oeste. Las especies se identificaron por personal calificado de la Universidad Autónoma de Nuevo León usando la guía de especies características del matorral (Molina-Guerra *et al.*, 2019).

### Análisis de la información

La diversidad se determinó mediante dos índices: el de Margalef (*D<sub>Mg</sub>*) el cual se basa en la cuantificación de especies presentes (riqueza específica) y el de Shannon-Wiener (*H'*) que mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995). Las fórmulas se describen a continuación:

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

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \times \ln (p_i)$$

$$p_i = n_i / N$$

Donde, *S* = número de especies presentes, *N* = número total de individuos, *n<sub>i</sub>* = número de individuos de la especie *i*.

Se estimó la diversidad verdadera de orden 1 (<sup>1</sup>*D*) mediante el exponencial del índice de Shannon (Jost, 2006):

$$1D - \exp(H') - \exp \left[ \sum_{i=1}^S p_i \ln (p_i) \right]$$

Donde  $p_i$  es abundancia relativa de la  $i$ -ésima especie y  $S$  es el número de especies.

Para cada especie, se determinó la abundancia con base en el número de individuos, dominancia en función del área basal y frecuencia con la presencia en las parcelas de muestreo. Con estos resultados se obtuvo el valor ponderado a nivel taxón denominado índice de Valor de Importancia (IVI), el cual adquiere valores porcentuales en una escala del 0 al 100 (Mueller-Dombois, 1974). Para estimar la abundancia relativa ( $AR_i$ ) de cada especie se utilizó la siguiente ecuación:

$$AR_i = \left( \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \right) \times 100$$

Donde,  $A_i$  = abundancia absoluta. La dominancia relativa ( $DR_i$ ) se determinó mediante la ecuación:

$$DR_i = \left( \frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \right) \times 100$$

Donde,  $D_i$  = dominancia absoluta. Para la frecuencia relativa ( $FR_i$ ) se empleó la ecuación:

$$FR_i = \left( \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \right) \times 100$$

Donde,  $F_i$  = frecuencia absoluta. El  $IVI$  se define como ( Whittaker, 1972; Alanís et al, 2020) .

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

Donde,  $AR_i$  = abundancia relativa de la especie  $i$  respecto a la abundancia total,  $DR_i$  = dominancia relativa de la especie  $i$  respecto a la dominancia total,  $FR_i$  = frecuencia relativa de la especie  $i$  respecto a la frecuencia total.

El índice de Valor de Importancia Familiar ( $IVIF$ ) presenta valores de 0 a 100% y fue calculado de la siguiente manera (Whittaker, 1972; Alanís et al, 2020):

$$IVIF = \frac{\sum_{i=1}^n (ARF_i, DRF_i, FRF_i)}{3}$$

Donde  $ARF_i$  = abundancia relativa de la familia  $i$  respecto a la abundancia total,  $DRF_i$  = dominancia relativa de la familia  $i$  respecto a la dominancia total,  $FRF_i$  = frecuencia relativa de la familia  $i$  respecto a la frecuencia total.

Para determinar la estructura vertical de las especies, se utilizó el índice de distribución vertical de especies (A), el cual es una modificación del índice de Shannon (Pretzsch, 2009); registra valores entre 0 y un valor máximo ( $A_{max}$ ). Un valor  $A = 0$  indica que una sola especie tiene presencia en un solo estrato.  $A_{max}$  se alcanza cuando la totalidad de las especies se encuentran en la misma proporción en el rodal como en los estratos (Pretzsch, 2009). En este índice, tres estratos se representan con base en la altura máxima registrada. El estrato I comprende las alturas que se encuentran en el rango del 80 al 100%, siendo el árbol más alto el 100%, y a partir de este se establecen las proporciones para los árboles subsiguientes; el estrato II presenta las alturas del 50 al 80% de la altura total registrada, y el estrato III va del 0 a 50% (Pretzsch, 2009).

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} * \ln p_{ij}$$

$$A_{max} = \ln(S * Z)$$

$$A_{rel} = \frac{A}{\ln(S * Z)} * 100$$

Donde,  $S$  = número de especies presentes,  $Z$  = número de estratos en altura,  $P_{ij}$  = porcentaje de especies en cada zona y se estima mediante la siguiente ecuación:  $p_{ij} = n_{ij}/N$ ; donde  $n_{ij}$  = número de individuos de la misma especies ( $i$ ) en la zona ( $j$ ) y  $N$  = número total de individuos.

Para el análisis de la filogenia, se seleccionaron las tres especies (*Havardia pallens* (Benth.) Britton & Rose, *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.) que presentaron mayor IVI. Cada individuo de estas especies fue georeferenciado y se les midió la distancia (cm) física de cada vecino más cercano, siendo estos los individuos más cercanos físicamente a la especie focal. La distancia física se midió de tallo a tallo con una cinta métrica. Para determinar la diversidad filogenética se utilizó la distancia filogenética de cada especie focal con sus vecinos; se determinó en millones de años desde un antepasado común utilizando TimeTree.org (Kumar *et al.*, 2017), la cual es una base de datos pública que presenta los tiempos de divergencia entre especies, líneas de tiempo que trazan la evolución de una especie a través del tiempo y árboles del tiempo de un grupo de especies; todo esto calculado a partir de datos de secuencias moleculares. Para este trabajo solo se utilizaron los datos de tiempos de divergencia de nuestras especies focales con sus vecinos más cercanos. Se realizaron pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para después analizar la correlación por medio del coeficiente de correlación de Pearson y de Spearman y determinar si la distancia física de la especie focal con sus vecinos más cercanos está relacionada con la distancia filogenética (MYA).

## RESULTADOS

**Riqueza.** En el área de estudio se registraron 15 especies pertenecientes a 14 géneros y nueve familias. La familia con mayor número de especies fue la Fabaceae (siete), mientras que el resto de las familias solo registraron una especie cada una. La familia Fabaceae incluye seis géneros y siete especies, lo que representa el 46.66% de la flora presente en el área de estudio. De las especies registradas, *Leucaena leucocephala* es considerada como exótica (Aguirre y Mendoza, 2009) y *Vachellia farnesiana* como maleza (Villaseñor y Espinosa, 1998), el resto son nativas.

*Estructura.* Con base en los valores del índice de importancia familiar (IVIF), las familias Fabaceae y Rutaceae fueron las más importantes con el 77.52% de este índice. Las familias Sapotaceae y Boraginaceae fueron las que presentaron los valores más bajos de IVIF (Tabla 1).

**Tabla 1.** Parámetros estructurales estimados para las familias registradas en el área de estudio.  
IVIF = Índice de Valor de Importancia Familiar.

Familia	Abundancia		Dominancia		Frecuencia Relativa (%)	IVIF
	Absoluta (ind/ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)	Absoluta (m <sup>2</sup> /ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)		
Fabaceae	389.06	63.36	11.79	87.75	21.05	57.39
Rutaceae	187.50	30.53	1.18	8.81	21.05	20.13
Cannabaceae	21.88	3.56	0.06	0.43	21.05	8.35
Oleaceae	3.13	0.51	0.01	0.06	10.53	3.70
Asparagaceae	1.56	0.25	0.22	1.65	5.26	2.39
Ebenaceae	4.69	0.76	0.02	0.15	5.26	2.06
Rhamnaceae	1.56	0.25	0.09	0.65	5.26	2.06
Sapotaceae	1.56	0.25	0.06	0.43	5.26	1.98
Boraginaceae	3.13	0.51	0.01	0.08	5.26	1.95
Total	<b>614,06</b>	<b>100</b>	<b>13,43</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

El área estudiada presentó una densidad de individuos de 614.06 N ha<sup>-1</sup> y un área basal de 13.43 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. A nivel de especie, las más sobresalientes fueron *Vachellia farnesiana*, *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara*, registrando los valores más altos del IVI; en conjunto representan el 67.83% del total del área de estudio. Las especies con los valores más bajos de IVI fueron *Sideroxylon celastrinum* y *Cordia boissieri* con valores cercanos a 1% (Tabla 2).

*Estructura vertical.* Mediante el índice de Pretzsch, se realizó el análisis de la distribución vertical, el cual está conformado por tres estratos: I (alto), II (medio) y III (bajo). El estrato I, lo integran cuatro especies, donde *Vachellia farnesiana* es la que presenta mayor abundancia y dominancia. En el estrato II, se registran nueve especies, encontrándose tres de las cuatro presentes en el estrato I; aquí las especies que dominan son *Vachellia farnesiana* y *Havardia pallens*. En el estrato III se registraron 13 especies, donde *Vachellia farnesiana*, *Zanthoxylum fagara* y *Havardia pallens* son las que dominan. *Havardia pallens*, *Leucaena leucocephala* y *Vachellia farnesiana* tienen presencia en los tres estratos (Tabla 3).

**Tabla 2.** Parámetros estructurales estimados para las especies registradas en el área de estudio.

IVI = Índice de Valor de Importancia.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Absoluta (ind/ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)	Absoluta (m <sup>2</sup> /ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	131.25	21.37	8.72	64.88	100	10.81	32.36
<i>Hvardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	173.44	28.24	2.31	17.19	100	10.81	18.75
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	187.50	30.53	1.18	8.81	100	10.81	16.72
<i>Prosopis laevigata</i> (HUmb. & Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnst.	21.88	3.56	0.18	1.34	100	10.81	5.24
<i>Celtis pallida</i> Torr.	21.88	3.56	0.06	0.43	100	10.81	4.94
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	31.25	5.09	0.38	2.79	50	5.41	4.43
<i>Cercidium macrum</i> I.M. Johnst.	10.94	1.78	0.07	0.51	100	10.81	4.37
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	15.63	2.54	0.08	0.59	75	8.11	3.75
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	3.13	0.51	0.01	0.06	50	5.41	1.99
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	1.56	0.25	0.22	1.65	25	2.70	1.54
<i>Vachellia rigidula</i> (Benth. (Seigler & Ebinger	4.69	0.76	0.06	0.43	25	2.70	1.30
<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	4.69	0.76	0.02	0.15	25	2.70	1.20
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	1.56	0.25	0.09	0.65	25	2.70	1.20
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn	1.56	0.25	0.06	0.43	25	2.70	1.13
<i>Cordia boissieri</i> A. D.C.	3.13	0.51	0.01	0.08	25	2.70	1.10
<b>Total</b>	<b>614,06</b>	<b>100</b>	<b>13,43</b>	<b>100</b>	<b>925</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

El valor de  $A$  que se obtuvo del índice vertical de especies fue de 2.36, con un  $A_{\max}$  de 3.81 y un  $A_{\text{rel}}$  de 62.08%; valores de  $A_{\text{rel}}$  cercanos a 100 indican que todas las especies están distribuidas equitativamente en los tres estratos de altura. Un valor de  $A_{\text{rel}}$  de 62.08% indica que la comunidad vegetal evaluada está conformada predominantemente por dos estratos de altura, que de acuerdo a la Tabla 3 son el II y III.

*Diversidad.* El índice de Margalef para el área de estudio dió como resultado un valor de 2.34. Respecto a la diversidad de especies, el índice de Shannon registró un valor de 1.78 y el índice de diversidad verdadera de Shannon 5.91.

**Tabla 3.** Estructura vertical de la vegetación, índice de Pretzsch.

Índice de Pretzsch						
Estrato I	Especie	Abundancia		Dominancia		
		Ind/ha	del total	del estrato	m <sup>2</sup> /ha	del total
	<i>Hvardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	6.25	1.02	36.36	0.21	1.53
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	1.56	0.25	9.09	0.00	0.03
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	7.81	1.27	45.45	1.58	11.74
	<i>Yucca filifera</i> Chabaud	1.56	0.25	9.09	0.22	1.65
		<b>17.19</b>	<b>2.80</b>	<b>100.00</b>	<b>2.01</b>	<b>14.94</b>
						<b>100.00</b>
Estrato II						
	<i>Celtis pallida</i> Torr.	1.56	0.25	0.82	0.00	0.04
	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	4.69	0.76	2.46	0.06	0.43
	<i>Hvardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	67.19	10.94	35.25	1.80	13.36
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	23.44	3.82	12.30	0.35	2.64
	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnst.	1.56	0.25	0.82	0.01	0.06
	<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn	1.56	0.25	0.82	0.06	0.43
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	70.31	11.45	36.89	5.82	43.34
	<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	1.56	0.25	0.82	0.05	0.40
	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	18.75	3.05	9.84	0.47	3.47
		<b>190.63</b>	<b>31.04</b>	<b>100.00</b>	<b>8.62</b>	<b>64.15</b>
						<b>100.00</b>
Estrato III						
	<i>Celtis pallida</i> Torr.	20.31	3.31	5.00	0.05	0.40
	<i>Cercidium macrum</i> I.M. Johnst.	10.94	1.78	2.69	0.07	0.51
	<i>Cordia boissieri</i> A. D.C.	3.13	0.51	0.77	0.01	0.08
	<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	4.69	0.76	1.15	0.02	0.15
	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	10.94	1.78	2.69	0.02	0.17
	<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	3.13	0.51	0.77	0.01	0.06
	<i>Hvardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	100.00	16.28	24.62	0.31	2.30
	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc	1.56	0.25	0.38	0.09	0.65
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	6.25	1.02	1.54	0.02	0.13
	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd) M.C. Johnst.	20.31	3.31	5.00	0.17	1.29
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	53.13	8.65	13.08	1.32	9.81
	<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	3.13	0.51	0.77	0.00	0.04
	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	168.75	27.48	41.54	0.72	5.34
	Total	<b>406.25</b>	<b>66.16</b>	<b>100.00</b>	<b>2.81</b>	<b>20.91</b>
	Total general	<b>614.06</b>	<b>100.00</b>	<b>300.00</b>	<b>13.43</b>	<b>100.00</b>
						<b>300.00</b>

*Filogenia.* *Havardia pallens* no presentó correlación lineal ( $R_s=-0.009$ ;  $P=0.45$ ) (Tabla 4) entre la distancia física (cm) con la distancia filogenética (MYA) de sus vecinos más cercanos (*Cordia boissieri*, *Ebenopsis ebano*, *Forestiera angustifolia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata*, *Vachellia farnesiana*, *Vachellia rigidula* y *Zanthoxylum fagara*).

*Vachellia farnesiana* mostró correlación negativa entre la distancia física de sus vecinos cercanos (*Cordia boissieri*, *Ebenopsis ebano*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata*, *Vachellia rigidula* y *Zanthoxylum fagara*) y la distancia filogenética ( $R_s=-0.116$ ;  $P=0.03$ ).

*Zanthoxylum fagara* ( $R_s=-0.03$ ;  $P=0.26$ ) no presentó correlación al igual que *Havardia pallens* entre la distancia física y sus vecinos más cercanos (*Cordia boissieri*, *Ebenopsis ebano*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Karwinskia humboldtiana*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata*, *Vachellia farnesiana* y *Vachellia rigidula*). Sin embargo, el hecho de que solo se presentara esta correlación para una especie, permite suponer que existen otros factores, además de la filogenia, influyendo en la distribución espacial de las especies.

**Tabla 4.** Pruebas de normalidad y análisis de correlación de Pearson y Spearman entre la distancia física (cm) y la distancia filogenética (MYA) entre la especie focal y sus vecinos más cercanos en el área de estudio.

Especie focal	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro -Wilk	Correlación de Pearson		Correlación de Spearman	
				Sig (unilateral)		Sig (unilateral)
<i>Havardia pallens</i>	0.200 - 0.010	0.003 - 0.010 - 0.960			-0.009	0.453
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.200 - 0.041	0.375 - 0.738	-0.116	0.037		
<i>Zanthoxylum fagara</i>	0.2	0.571 - 0.784	-0.039	0.261		

## DISCUSIÓN

La actividad pecuaria ha sido una de las causas de pérdida de biodiversidad en México, dado que su principal impacto es la degradación y fragmentación de los ecosistemas, afectando en gran medida composición de especies y sus procesos ecológicos (Pequeño *et al.*, 2012). Según Challenger y Soberón (2008), el territorio del país ha perdido alrededor del 50% de su cobertura natural original, de la cual el 22% presenta cobertura de vegetación secundaria.

El municipio de Linares, donde se ubica el área de estudio no es la excepción, ya que la actividad pecuaria induce que grandes áreas se encuentren provistas por pastizales inducidos que, al ser abandonadas por el cese de la actividad, son ocupadas por vegetación secundaria en distintas fases de desarrollo (Jiménez *et al.*, 2009).

En el área evaluada, la familia con mayor número de especies y mayor valor de IVIF (57.39%) fue la Fabaceae; esta familia es de las características de los matorrales del estado (Rojas-Mendoza, 1965; Rzedowski, 1978; Briones y Villarreal, 2001). En el estudio realizado por Jiménez Pérez *et al.*, (2012), en el matorral espinoso tamaulipeco, con historial agrícola, la familia Fabaceae también fue la más común y *Vachellia farnesiana* fue la especie con los valores más altos de dominancia y frecuencia, coincidiendo con Pequeño-Ledezma *et al.* (2012), quienes evaluaron un área de matorral con historial pecuario.

Alanís *et al.* (2008), evaluaron la misma área de estudio que la presente investigación. En la actualidad, presenta mayor riqueza de especies ( $S=11$  antes,  $S=15$  ahora), y en ambas evaluaciones la especie con mayor IVI fue *Vachellia farnesiana*; pero en el estudio anterior no se

registró la presencia de *Havardia pallens*, siendo ahora la segunda especie dominante con mayor IVI. Jiménez Pérez *et al.* (2012) y Estrada *et al.* (2004) reconocen que *Vachellia farnesiana* presenta rápido establecimiento en áreas que han sufrido algún tipo de disturbio por actividades antropogénicas. Cabe mencionar que tan solo esta especie representa el 32.36% del valor de importancia para el área evaluada.

Las Fabaceas son especies de fácil adaptación ya que presentan una gran diversidad de formas de vida, distribución geográfica, relaciones con polinizadores, dispersores de semillas, herbívoros y otros animales asociados; aunado a ello, también tienen la capacidad de formar asociaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno (McKey, 1994). Al presentar esta gran habilidad para fijar el nitrógeno, ayudan a los suelos degradados, ya que el cambio uso de suelo afecta la fertilidad de estos, disminuyendo los contenidos de C y N (Cantú Silva y Yañez Díaz, 2018).

Los valores de diversidad de este estudio son similares a los obtenidos por Jiménez Pérez *et al.* (2012) pero menores a los reportados por Molina-Guerra *et al.* (2013) en estudios realizados en área de matorral con diferentes disturbios. Para el área de estudio la diversidad es considerada como baja, dado las pocas especies que se encuentran; sin embargo, con el paso del tiempo esta comunidad vegetal ha ido incrementando la riqueza de especies.

Los resultados de filogenia para *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara* fueron similares al estudio realizado por Marroquín *et al.* (2019) donde no encontraron relación entre la proximidad de la especie y su distancia filogenética. La correlación negativa de *Vachellia farnesiana* indica en contraste con la hipótesis que se tenía planteada, que cuanto menor sea la distancia física mayor será la distancia filogenética, por lo que los vecinos más cercanos a esta especie presentan rasgos funcionales diferentes aumentando la diversidad filogenética del área, y al establecerse cerca de *Vachellia farnesiana* encuentran las condiciones óptimas para su desarrollo. La función de *Vachellia farnesiana* en esta área es de facilitadora para sus vecinos más cercanos.

Estrada *et al.*, (2004) mencionan que *Vachellia farnesiana* es una especie que se desarrolla en sitios con disturbios, se considera un elemento importante de la vegetación secundaria, llegando a formar asociaciones densas conocidas como “huizachales”. Su establecimiento se da en cortos períodos de tiempo (3 a 5 años). Esta especie presenta un gran potencial como fitorremediadora, ya que ha sido utilizada en sitios contaminados por plomo y arsénico, elementos que cambian la composición química del suelo y llegan a causar toxicidad en los organismos que los absorben (Armienta *et al.*, 2008; Landeros *et al.*, 2012).

## CONCLUSIONES

La hipótesis de que a menor distancia física será menor la distancia filogenética entre los vecinos más cercanos a nuestra especie focal no fue respaldada por los resultados. *Vachellia farnesiana* presenta una función de facilitadora para sus vecinos más cercanos. La familia más común fue Fabaceae, mientras que las especies con mayor índice de valor de importancia fueron *Vachellia farnesiana*, *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara*. Para la estructura vertical se reconocen dos estratos de altura en la comunidad. La diversidad es considerada baja con respecto a comunidades maduras del matorral espinoso tamaulipeco.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre A. y Mendoza R. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. In CONABIO (Ed.), *Capital natural de México* (Capital na, pp. 277–318).

- Alanís, E., Jiménez, J., Aguirre, O., Treviño, E., Jurado, E. & González, M. (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, XI (1), 56–62.
- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., González Tagle, M., Yerena Yamallel, J. y Cuellar Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2013). Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, mexicano. *Phyton*, 82(December), 185–191.
- Alanís-Rodríguez E., Mora-Olivo A., Marroquín de la Fuente J. S. 2020. *Muestreo ecológico de la vegetación*. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 245 p. ISBN: 978-607-27-1307-9.
- Armienta M.A., Ongley L.K., Rodríguez R., Cruz O., Mango H. y Villaseñor G. (2008). Arsenic distribution in mesquite (*Prosopis laevigata*) and huizache (*Acacia farnesiana*) in the Zimapán mining area, México. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 8, 1–7. [https://doi.org/https://doi.org/10.1144/1467-7873/07-144](https://doi.org/10.1144/1467-7873/07-144)
- Baev, P.V. y Penev, L. D. (1995). *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. (5.1.; p. 57). Pensoft, Sofia-Moscow.
- Boucher, D.H., James, S., & Keeler, K. H. (1982). The ecology of mutualism. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 315-47.
- Briones, O.L. y Villarreal, J.A. (2001). Sobre la flora, vegetación y fitogeografía de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Acta Botanica Mexicana* 73, 1-18.
- Brooker, R. W., Maestre, F. T., Callaway, R. M., Lortie, C. L., Cavieres, L. A., Kunstler, G., Liancourt, P., Tielbörger, K., Travis, J. M. J., Anthelme, F., Armas, C., Coll, L., Corcket, E., Delzon, S., Forey, E., Kikvidze, Z., Olofsson, J., Pugnaire, F., Quiroz, C. L., Michalet, R. (2008). Facilitation in plant communities: The past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 96(1), 18–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01295.x>
- Cantú Silva, I., y Yañez Díaz, M. I. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 122–151. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.138>
- Challenger, A. y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. In Conocimiento actual de la bioversidad. Conabio (Ed.), *Los ecosistemas terrestres* (Vol I, pp. 87–108).
- Estrada, E., Méndez, Y., Delgado, A. y Villareal, J.A. (2004). Legumiosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Anales Del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 75(1). <http://www.redalyc.org/html/400/40075105/>
- Villaseñor, J.L. y Espinosa, F. (1998). *Catálogo de malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México.
- González, M. (1985). El límite sur de la provincia biótica tamaulipecana. En II Simposio Internacional sobre la Provincia Biótica Tamaulipecana, UAT y UNAM. PP 7-14. .
- Gómez-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R., Cantú-Silva, I., Gómez-Mesa, M.V., . y Uvalle-Sauceda, J.I. (2010). Composición y estructura de la vegetación en tres sitios de estudio del estado de Nuevo, León, México. *Polibotánica*, 29, 91–106.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1986). *Síntesis geográfica de Nuevo León* (Secretaría de Programación y Presupuesto).
- 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 y Bosques*. 15, 5-20.
- Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., Ruiz González, J., González Tagle, M., Yerena Yamallel, J., y Alanís Flores, G. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el noreste de México. *Ciencia-Uanl*, 15(58), 66–71.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*. 113 363-375 <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Kumar, S., Stecher, G., Suleski, M., Hedges, S.B. (2017). TimeTree: A resource for Timelines, timetrees and divergence times. *Molecular Biology and Evolution*, 34, 1812-1819.

<https://doi.org/10.1093/molbev/msx116>

- Leal Elizondo, N. A., Alanís Rodríguez, E., Mata Balderas, J. M., Treviño Garza, E. J., y Yerena Yamallel, J. I. (2018). Estructura Y Diversidad De Especies Leñosas Del Matorral Espinoso Tamaulipeco Regenerado Post-Ganadería En El Noreste De México. *Polibotánica*, 0(45), 75–88. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.6>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 Pp.
- Marroquín, J., Jurado, E., Flores, J., Pando-Moreno, M., González-Rodríguez, H., & Alanís, E. (2019). Are plants nearest neighbors phylogenetically distant? A test in three vegetation types in Northern Mexico 1,2. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 146(1), 41. <https://doi.org/10.3159/torrey-d-17-00050.1>
- McKey, D. (1994). Legumes and nitrogen: The evolutionary ecology of a nitrogen-demanding lifestyle. *Advances in Legume Systematics 5: The Nitrogen Factor*, 5, 211–228. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- 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.
- 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. Monterrey, México. 114 Pp.
- Mora, C., Rodríguez, E., Pérez, J., González, M., Yerena, J., y Cuellar, L. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1), 29–34. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162013000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162013000100004&script=sci_arttext)
- Mueller-Dombois, D. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley International. United States of America.
- Landeros Tejo, O.R., Reveles, M., Valdez, R.D., Arreola, J.G., Pedroza A. y Ruíz, J. (2012). Uso potencial del huizache (Acacia farnesiana L. Will) en la fotorremediación de suelos contaminados con plomo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 11–20.
- Padilla, F. M., & Pugnaire, F. I. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(4), 196–202. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0196:TRONPI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0196:TRONPI]2.0.CO;2)
- Penone, C., Davidson, A. D., Shoemaker, K. T., Di Marco, M., Rondinini, C., Brooks, T. M., Young, B. E., Graham, C. H., & Costa, G. C. (2014). Imputation of missing data in life-history trait datasets: Which approach performs the best? *Methods in Ecology and Evolution*, 5(9), 961–970. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12232>
- Pequeño-Ledezma, M. Á., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Yerena-Yamallel, J. I., Cuellar-Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *CienciaUAT*, 7(1), 48. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v7i1.39>
- Pretzsch, H. (2009). *Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model*. Springer-Verlag. Berlín Heidelberg, Alemania. 664 Pp.
- Quero Carrillo, A. R. (2013). *Gramíneas Introducidas: Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos*. Serie Biblioteca Básica de Agricultura. COLPOS, INIFAP, UACH. ISBN: 978-607-715-106-7.
- Rojas-Mendoza, P. (1965). *Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa. México D.F. 432 Pp.
- SEMARNAT. (2006). *El Medio Ambiente en México 2005: en resumen*.
- Stachowicz, J. J. (2016). *the Structure of Ecological Communities*. 3568(April). [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051)

**Recibido:**  
31/marzo/2021

**Aceptado:**  
4/julio/2021

- Valiente-Banuet, A., & Verdú, M. (2007). Facilitation can increase the phylogenetic diversity of plant communities. *Ecology Letters*, 10(11), 1029–1036. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01100.x>
- Villarreal, O. L. B. y J. (2001). vegetación y flora de un ecotono entre las provincias del Altiplano y de la Planicie Costera del Noreste de México. *Acta Botanica Mexicana*, 55, 39–67.
- Violle C, Nemergut D, Pu Z, J. L. (2011). Phylogenetic limiting similarity and competitive exclusion. *Ecology Letters*, 14, 728–787. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01644.x>
- Weedon, J.T., Cornwell, W.K., Cornelissen, J., Zanne, A., Whirth, C. and Coomes D.A. (2009). *Ecology Letters*. 12: 45-56. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01259.x>
- Whittaker, R. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213–251.