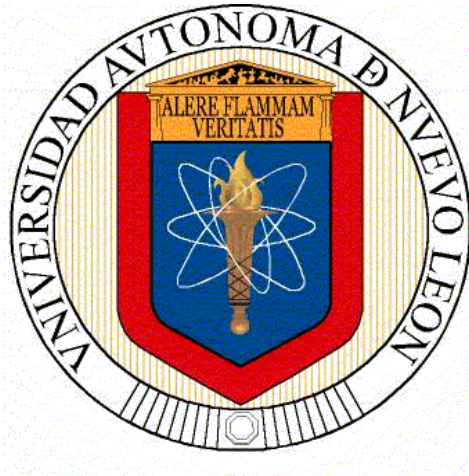


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



TESIS

**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE DOS COMUNIDADES
VEGETALES DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO**

POR:

ING. GABRIEL GRACIANO ÁVILA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

DICIEMBRE, 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE DOS COMUNIDADES
VEGETALES DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO**

TESIS DE MAESTRÍA
Para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Por:

ING. GABRIEL GRACIANO ÁVILA

COMITÉ DE TESIS




Dr. Eduardo Alanís Rodríguez
Director



Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón
Asesor



Dr. Marco Aurelio González Tagle
Asesor



M.C. Ernesto Alonso Rubio Camacho
Asesor externo

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento profundamente a las personas e instituciones, que directa e indirectamente participaron en el desarrollo de la tesis, espero no dejar fuera a nadie, si es así, mil disculpas de antemano.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo para realizar mis estudios de Maestría.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, a su personal académico, que siempre están dispuestos a transmitir sus conocimientos.

Al Dr. Eduardo Alanís Rodríguez, director de esta tesis, por su amistad, por su gran apoyo y motivación para la culminación de esta etapa, que sin duda él ha sido un ejemplo y a quien le estoy profundamente agradecido por sus enseñanzas y consejos.

Al Dr. Óscar Alberto Aguirre Calderón, al Dr. Marco Aurelio González Tagle y al M.C. Ernesto Alonso Rubio Camacho, por sus consejos y valiosas aportaciones, sugerencias y dedicación en la revisión del escrito.

Al Dr. Alejandro Valdecantos Dema, por recibirme y orientarme en la Universidad de Alicante, España. Por su hospitalidad y apoyo en todo momento

Al Dr. José Manuel Mata Balderas, técnico Guadalupe Pérez y Argenis Juárez por su colaboración en el trabajo de campo.

Al personal administrativo de la Facultad de Ciencias Forestales, mis compañeros de clases y amigos que compartimos esta nuestra segunda casa, a mis amigos: Rubén Ortiz, Martin Silva, Martin Villela, Geraldine García, Israel López, Carlos Ramos, Jonathan Lazcano, Perla Rodríguez, Marco Davila y Antonio Quiñones.

DEDICATORIA

A mi madre Josefina Ávila Delgado, por su amor, apoyo, dedicación y enseñanzas, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles; pero sobre todo por haberme dado la vida y enseñarme a valorarla.

A mis tíos Bertha Graciano Villarreal y Pablo Robles Miramontes, por su cariño, consejos y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mi abuela Dolores Villarreal Santos (†) que aunque ya no está conmigo siempre ha sido y será un ejemplo de persistencia y tenacidad para superarme en la vida. Gracias mamá Lola donde quiera que estés.

A mis hermanos Juan Francisco Ávila, Lucia Graciano, Gabriela Graciano, Rosa Graciano, pero sobre todo a mi apreciado hermano Pedro Antonio Graciano Ávila por estar ahí cuando más lo necesito.

A mis primos casi hermanos Lupe, Marina, Gelo, Juan, Cuca, Rosa, Pepe y Nena, por ser parte de mi familia.

A Dios, por la vida, familia y amigos que me ha brindado.

Gabriel

ÍNDICE

	Pág
ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
RESUMEN	V
SUMMARY	VII
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Matorral Espinoso Tamaulipeco	1
Los incendios forestales	2
JUSTIFICACIÓN	4
HIPÓTESIS	5
OBJETIVOS	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
BIBLIOGRAFÍA	6
CAPITULO II	9
ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD POST-INCENDIO EN UN ÁREA DE MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO	9
RESUMEN	9
SUMMARY	10
INTRODUCCIÓN	10
MATERIALES Y MÉTODOS	12
Área de estudio	12
Toma de datos en campo	12
Análisis de los datos	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Riqueza	15
Estructura	19
Índices de diversidad de especies	23

Índice de distribución vertical de las especies (Pretzsch)	23
CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFÍA	26
CAPITULO III	31
CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL DE UNA COMUNIDAD VEGETAL DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO ..	31
RESUMEN	31
SUMMARY	32
INTRODUCCIÓN	33
MATERIALES Y MÉTODOS	34
Área de estudio	34
Toma de datos en campo	35
Análisis de los datos	35
RESULTADOS	38
Riqueza	38
Estructura	40
Curva de rango/abundancia de las especies	44
Índices de diversidad de especies	45
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	47
CAPÍTULO IV	31
CONCLUSIONES GENERALES	52
BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Nombre científico y común, familias y forma de crecimiento de las especies registradas (ordenadas alfabéticamente).....	17
Cuadro 2. Abundancia, dominancia, frecuencia e índice de Valor de importancia de las especies registradas.....	22
Cuadro 3. Valores del índice vertical de Pretzch para el matorral espinoso tamaulipeco del área de estudio.....	25
Cuadro 4. Nombre científico, nombre común, familia y forma de crecimiento de las especies registradas en el área de estudio (ordenadas alfabéticamente por nombre científico).....	39
Cuadro 5. Parámetros estructurales estimados para las familias registradas en el área de estudio.....	41
Cuadro 6. Parámetros estructurales estimados para las especies registradas en el área de estudio.....	42
Cuadro 7. Ajuste de los modelos a la distribución de la abundancia de especies en el área de estudio.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio (capítulo II).....	12
Figura 2. Histograma de alturas.....	18
Figura 3. Histograma de diámetros de copa.....	18
Figura 4. Curva de dominancia-diversidad basada en la abundancia (N/ha) y rango de especies.....	20
Figura 5. Ubicación del área de estudio (capítulo III).....	35
Figura 6. Curvas observadas de rango/abundancia de las especies para el matorral espinoso tamaulipeco del área de estudio.....	44

RESUMEN

El matorral espinoso tamaulipeco, comunidad arbustiva formada por la dominancia de plantas espinosas y caducifolias. Es un ecosistema que durante los últimos años ha sufrido una considerable pérdida de vegetación a causa de incendios forestales y por cambio de uso de suelo. Actualmente se sigue manteniendo una continua deforestación para establecer zonas agrícolas, industriales y urbanas.

La presente investigación se dividió en cuatro capítulos para su mejor comprensión. En los capítulos II y III se abordan los temas de investigación. En las dos investigaciones se realizaron caracterizaciones y evaluaciones de dos comunidades vegetales del matorral espinoso tamaulipeco. En el primer estudio se establecieron 5 sitios de muestreo de 40 × 40 m (1,600 m²) y en el segundo estudio se establecieron 70 sitios de muestreo de 10 × 10 m (100 m²). Dentro de los sitios se realizó un censo de todas las especies arbóreas y arbustivas ($d_{0.10\text{ m}} > 5\text{ cm}$), incluyendo a las plantas suculentas solo en el segundo estudio. A cada individuo se le hicieron mediciones de diámetro de copa. Para cada especie se obtuvo el índice de valor de importancia (IVI), calculado a partir de tres variables, *abundancia* de acuerdo con el número de árboles por hectárea (Nha⁻¹), *dominancia* a través de la cobertura del área de copa y *frecuencia* con base en su presencia en los sitios de muestreo. Además, se calcularon los índices diversidad de Shannon (H') y riqueza de Margalef (D_{MG}).

En el capítulo uno se caracterizó la estructura y diversidad de especies arbóreas y arbustivas después de un incendio ocurrido en un área de matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. Los resultados registraron 24 especies, distribuidas en 22 géneros y 14 familias, donde la familia más representativa fue Fabaceae y Rutaceae con 6 y 3 especies respectivamente. La especie *Leucophyllum frutescens* fue la más abundante con 248 N/ha, seguida por *Havardia pallens* con 185 N/ha. De igual forma la especie *Havardia pallens* fue la que obtuvo los mayores valores de importancia con 11.3% de IVI_{rel} . Para el índice

el índice de Shannon se registró un valor de $H' = 2.52$ y para Margalef se obtuvo un valor de $D_{Mg} = 3.16$.

En el segundo capítulo se caracterizó la estructura y diversidad de especies vegetales en un área del matorral espinoso tamaulipeco incluyendo las especies suculentas. En total se registraron 67 especies, 55 géneros y 25 familias. Esta comunidad presenta una densidad de 3,313 ind/ha⁻¹ y una cobertura de copas de 16,671 m²/ha⁻¹. *Acacia rigidula* fue la que obtuvo los mayores valores de importancia con 8.04% de IVI_{rel} . La curva de rango/abundancia de especies se ajustó a una función log-normal, característica de las comunidades maduras. El valor del índice de Shannon fue de $H' = 3.36$ y para el índice de Margalef se obtuvo un valor de $D_{Mg} = 8.14$.

SUMMARY

The tamaulipan thorn scrub, shrub community formed by the dominance of prickly plants and deciduous. It is an ecosystem that in recent years has suffered a considerable loss of vegetation caused by forest fires and land use change. Currently it continues to maintain a continuous deforestation to establish agricultural, industrial and urban areas.

This research is divided into four chapters for better understanding. In chapters II and III deals with the themes of research. In the two investigations were performed characterizations and evaluations of two plant communities of tamaulipan thorn scrub. In the first study was established 5 sampling sites 40 x 40 meters (1,600 m²) and in the second study was established 70 sampling sites 10 x 10 meters (100 m²). Where was perform a census of all trees and shrubs ($d_{0.10\text{ m}} > 5\text{ cm}$) including succulent plants only in the second study. Were made to each individual measurements of diameter of top. For each specie was obtained the importance value index (IVI) calculated starting of three variables, *abundance* according with the number of trees per hectare ($N\text{ha}^{-1}$) *dominance* across of the coverage of the top area, and *frequency* with base in its presence in the sites of sampling. Also was calculated the indexes Shannon's diversity (H') and Margalef's wealth (D_{MG}).

In chapter one was characterized the structure and diversity of the vegetal species after a fire occurred in area of tamaulipan thornscrub of the northeast of Mexico. The results recorded 24 species, distributed in 22 genera and 14 families, where the most representative family was Fabaceae and Rutaceae with 6 and 3 species respectively. The *Leucophyllum frutescens* species was the most abundant with 248 N/ha, followed by *Havardia pallens* with 185 N/ha. Similarly *Havardia pallens* species was the one that obtained the highest values of importance with 11.3% of IVI_{rel} . For the Shannon index was recorded a value of $H' = 2.52$ and was obtained Margalef a value of $D_{MG} = 3.16$.

In the second chapter was characterized the structure and diversity of the vegetal species in area of tamaulipan thornscrub of the northeast of Mexico. In total were

recorded 67 species, 55 genera and 25 families. This community has a density of 3,313 ind./ha⁻¹ and a crown cover of 16,671 m²/ha⁻¹. *Acacia rigidula* was the one that obtained the major values of importance with 8.04 % of IVI_{rel} . The curve of range / abundance of species adjusted to a log-normal function, typical of the mature communities. The value of the Shannon index was $H' = 3.36$ and For the Margalef Index was obtained a value of $D_{MG} = 8.14$

Estructura de la tesis

El documento está estructurado en cuatro capítulos:

Capítulo I. Introducción general. Justifica la realización de esta investigación y se plantean tanto los objetivos como la hipótesis de trabajo, los capítulos del II al III, constituyen el cuerpo de la tesis y dan respuesta a las preguntas de investigación

Capítulo II. Estructura y diversidad después de un incendio. Con el objetivo conocer la composición y la diversidad de las especies arbóreas y arbustivas después de un incendio en un área del matorral espinoso tamaulipeco, en este capítulo se utilizó el índice de Margalef (D_{MG}), índice de Shannon-Weiner (H'), los indicadores ecológicos de abundancia (Ar), dominancia (Dr) y frecuencia (Fr) é índice de valores de importancia (IVI), también se llevó a cabo el índice de distribución vertical de especies de Pretszch (A).

Capítulo III. Caracterización florística y estructural de una comunidad vegetal. Con el objetivo conocer la composición y la diversidad de las especies arbóreas, arbustivas y suculentas de una comunidad madura del matorral espinoso tamaulipeco, en este capítulo se caracterizó y evaluó un área sin alteración o escasamente alterada en el MET, se utilizó el índice de Margalef (MG), índice de Shannon-Weiner (H'), los indicadores ecológicos de abundancia (Ar), dominancia (Dr) y frecuencia (Fr) é índice de valores de importancia (IVI).

Capítulo IV. Conclusiones generales. En este capítulo se mencionan las conclusiones generales que se lograron obtener durante toda la investigación. También, se incluye bibliografía para comparar las conclusiones generales con otros trabajos de investigación.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

México cuenta con una gran diversidad biológica, la cual ha sido ampliamente reconocida, particularmente por el número de especies de vertebrados y plantas que habitan su territorio (*i.e.* Rzedowski, 1978, 1998; Flores-Villela y Gerez, 1994; Mittermeier *et al.* 1997; Ceballos *et al.* 2002), razón por la que se distingue como país megadiverso. Esta riqueza y complejidad se presentan también en los espacios geográfico y ecológico en que habitan estas especies, espacios en los que han evolucionado numerosos taxones. Uno de los determinantes principales de esta alta diversidad se debe a su extensa superficie territorial, a su diversidad geográfica, y a su ubicación, ya que se encuentra entre el reino biogeográfico Neártico y Neotropical (Rzedowski, 1978 en Sosa y Dávila, 1994).

En relación a la diversidad florística en México, el número de especies fanerogámicas se ha estimado entre 22,350 y 25,000 especies (Rzedowski y Equihua, 1987; Rzedowski, 1991; Villaseñor, 2003). Los tipos de vegetación con una mayor riqueza florística son los bosques de coníferas y de encino (24% del número total de especies), le siguen los matorrales xerófilos y pastizales (20% del número total de especies), y luego los bosques tropicales subcaducifolios, caducifolios y espinosos (20% del total de las especies) (Sosa y Dávila, 1994).

Matorral Espinoso Tamaulipeco

El ecosistema denominado matorral espinoso tamaulipeco (MET) cubre una superficie de 200,000 km² del noreste de México (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) y sur de Texas. Abarca de la Llera de Canales y los límites sureños de la Sierra Azul en Tamaulipas al altiplano Edwards en Texas y de las faldas de la Sierra Madre Oriental hasta la costa del Golfo de México (Alanís, 2006). Este matorral está dominado por una diversidad bastante densa, de 15,000 a 21,000

individuos/ha de especies arbóreas- arbustivas, 33 especies y subarbustivas, con 31 especies (Heiseke y Foroughbakhch, 1985; González *et al.*, 1997; González y Cantú, 2001; Alanís, 2006). Se clasifica en cuatro grandes asociaciones: 1) bajo espinoso e inerme, 2) mediano principalmente espinoso y subinerme, 3) alto subinerme y espinoso y 4) matorral crasirrosulifolio espinoso. Es un importante ecosistema que cumple funciones vitales por la protección que brinda a los recursos suelo y agua y su función como hábitat de la fauna silvestre (Alanís *et al.*, 2008).

El MET tiene un uso tradicional silvoagropecuario, desde fines del siglo XVI, su importancia en la economía del noreste de México ha dado lugar a que haya sido fragmentado por décadas para dar al suelo uso agrícola y ganadero y las superficies remanentes rara vez son de vegetación primaria, ya que han recibido un impacto histórico de sobrepastoreo, agricultura, incendios forestales, extracción selectiva de componentes leñosos y forrajeros o por la eliminación a matarrasa del matorral (Rzedowski, 1981; Foroughbakhch y Peñaloza, 1988; García y Jurado, 2008; Alanís *et al.*, 2008).

Los incendios forestales

Los incendios forestales son una perturbación de origen natural o humano que afectan de una manera notable a la vegetación, a la fauna y al suelo (Ferrerías, 2001). Son considerados como uno de los factores de perturbación más comunes y extendidos en el planeta (Agee, 1993; Pyne *et al.*, 1996). En los últimos años se han registrado incendios con magnitud de millones de hectáreas (ha) a nivel mundial (Forest Resources Assessment [FRA], 2010) y México no es la excepción. Las cifras oficiales reportadas por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) del 2000 al 2015 muestran incrementos en el número de incendios y la superficie afectada (CONAFOR, 2015).

El fuego al igual que otros disturbios es un factor que se encuentra presente de manera natural en los ecosistemas, sin embargo su aparición y empleo dentro de los ecosistemas es visto de manera controversial en áreas de manejo y

conservación biológica (González *et al.*, 2007). Su efecto tiene lugar directamente sobre la estructura y composición de la vegetación (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2008; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2011; Tagle *et al.*, 2007).

La regeneración post-incendio de la vegetación suele producirse naturalmente por sucesión ecológica, es decir, las especies que aparecen después de la perturbación son las mismas que ocupaban previamente la zona. El proceso de sucesión secundaria que se inicia tras el incendio se caracteriza por una rápida invasión de la comunidad vegetal que existía con anterioridad al fuego y, en mayor o menor grado, por otras especies exógenas a la comunidad y de carácter efímero (Rodríguez, 1996; Sugihara *et al.*, 2006).

Justificación

El matorral espinoso tamaulipeco (MET) es un ecosistema abundante que posee una alta riqueza específica y gran diversidad de especies arbóreas, arbustivas y suculentas. Es un ecosistema que ha sufrido de incendios, sobrepastoreo, agricultura y otras actividades de origen antropogénico y que en la actualidad sigue siendo utilizado por los pobladores locales en el noreste de México. Debido a esto es necesario generar información sobre diversidad y composición de especies con la finalidad de aportar a su entendimiento y función.

Desde hace algunos años se empezaron a realizar estudios que evalúan la estructura arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco, dichos estudios se han dedicado a la evaluación de comunidades regeneradas después de diversas actividades productivas. Pero aún no se ha generado una investigación que además de considerar el elemento arbóreo y arbustivo, cuantifique también las suculentas.

Por otro lado existen diversas investigaciones sobre la regeneración después de un incendio, la mayoría de estas investigaciones están enfocadas a los ecosistemas templados dejando a un lado a los matorrales. Por tal motivo es importante generar información sobre el efecto del fuego en la dinámica de la regeneración del matorral espinoso tamaulipeco en donde después del incendios no se hayan realizado actividades productivas.

En este sentido, en el presente estudio se realizaron caracterizaciones y evaluaciones de dos comunidades vegetales del matorral espinoso tamaulipeco. En la primera comunidad se presentó un incendio y se encuentra en estado de regeneración. La segunda comunidad aparentemente no presenta disturbios ni actividades productivas. En cada comunidad se establecieron diversos sitios de muestreo para obtener mayor precisión en los resultados.

Hipótesis

Las hipótesis se plantean de manera general y dependiendo del objetivo de los capítulos de la tesis.

Capítulo II Estructura y diversidad post-incendio. La regeneración vegetal en el matorral espinoso tamaulipeco después de un incendio es alta.

Capítulo III Composición de especies. La composición de especies del matorral espinoso tamaulipeco en una comunidad vegetal madura es alta.

Objetivos

Objetivo general

La presente investigación tiene dos objetivos generales.

- Aportar al conocimiento de la dinámica del matorral espinoso tamaulipeco, mediante la caracterización de la estructura y diversidad de especies después de un incendio.
- Generar información sobre la diversidad y composición de especies arbóreas, arbustivas y suculentas del matorral espinoso tamaulipeco mediante la caracterización florística y estructural de una comunidad vegetal.

Objetivos específicos

- Evaluar la diversidad de especies a través de índices de riqueza (Margalef) y diversidad (Shannon).
- Determinar los parámetros ecológicos de abundancia, dominancia, frecuencia e Índice de Valor de Importancia.

Bibliografía

- Agee, J.K. 1993. Fire Ecology of Pacific Northwest Forests. Island Press, Washington, D.C. 477 pp.
- Alanís, R.E. 2006. Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial antropogénico en el matorral espinoso tamaulipeco, tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 66-67 pp.
- Alanís, R.E., Jiménez P.J., Aguirre C.O., Treviño G.E., Jurado Y.E. y González T.M. 2008. "Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco". Ciencia UANL, 11: 56-62.
- Alanís, R.E., Jiménez P.J., Espinoza V.D., Jurado Y.E., Aguirre C.O.A. & González T.M.A. 2008. Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, 14(2), 113-118.
- Alanís, R.E., Jiménez P.J., Valdecantos D.A., Pando M.M., Aguirre C.O. & Treviño-Garza, E. J. 2011. Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, 17(1), 31-39.
- Ceballos, G., Arroyo C.A. y Medellín R.A. 2002. Mamíferos de México, en G. Ceballos y J.A. Simonetti (eds.), Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales. Conabio-Instituto de Ecología, unam, México.
- CONAFOR, 2015. Sistema Nacional de Información Forestal. Temas del compendio de estadísticas ambientales. En línea: www.conafor.gob.mx. (10 de Noviembre de 2015).
- Ferreras, J., Estada P., Herrero T. & Martín M.A. (2001). Los incendios forestales. Revista Ecosistemas, 10(1).

- Flores, V.O. y Gerez P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso del suelo. unam-Conabio, México.
- Foroughbakhch, R. y Peñaloza R. 1988. Introducción de 10 especies forestales en el matorral del noreste de México. Reporte Científico No. 8, Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 33 p.
- FRA, 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Informe principal. Estudio FAO: montes núm. 196. 346 pp.
- García, J. y Jurado E. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares N.L., México. Ra Ximhai 4(1): 1-21.
- González, H. y Cantú I. 2001. Adaptación a la sequía de plantas arbustivas de matorral espinoso tamaulipeco. Revista Ciencia UANL 4(4): 454- 461.
- González, M.A., Schwendenmann L., Jiménez J. y Himmelsbach W. 2007. Reconstrucción del historial de incendios forestales y estructura forestal en bosques mixtos de pino en la Sierra Madre Oriental. Maderas y Bosques 13(2):51-63.
- González, M., Treviño E. y Jurado E. 1997. Diversidad florística de la vegetación secundaria en un área de matorral del noreste de México. Journal International of Phytology 83(4): 280-281.
- Heiseke, D. y Foroughbakhch R. 1985. El matorral como recurso forestal evaluación de 2 tipos de matorral en la región de Linares, N. L. Reporte Científico No. 1, Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 33 p.
- Mittermeier, R.A., Mittermeier C.G., Robles P.Gil et al. 1997. Megadiversidad: Los países biológicamente más ricos del mundo. Cemex-Agrupación Sierra Madre, México.
- Pyne, S.J., Andrews P.L. & Laven R.D.1996. Introduction to Wildland Fire. Second Edition, Wiley, EUA. 753 pp.

- Rodríguez, T.D.A. 1996. Incendios Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Mundi-Prensa. México D.F. 617 pp.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14:3-21.
- Rzedowski, J. y Equihua M. 1987. Atlas Cultural de México (Flora). Grupo Editorial Planeta, México, D.F.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México.
- Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Limusa, México. 432 p.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, unam, México, pp. 129-145.
- Sosa. V. y Dávila P. 1994. Una Evaluación del Conocimiento Florístico de México. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 81, No. 4 (1994), pp. 749-757.
- Sugihara, N.G., VanWagtendonk J.W. & Fites K. J. 2006. Fire as an ecological process. In *Fire in California's Ecosystems*. Eds Sugihara N.G., Van Wagtendonk J.W., Shaffer K.E., Fites K.J. & Thode A.E. University of California: Los Angeles, CA. pp. 58–74.
- Villaseñor R.J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160-167.

CAPITULO II

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD POST-INCENDIO EN UN ÁREA DE MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO

STRUCTURE AND DIVERSITY AFTER FIRE IN AN AREA OF TAMAULIPAN THORNSCRUB

Gabriel Graciano-Ávila¹, Eduardo Alanís-Rodríguez¹, Óscar A. Aguirre-Calderón¹, Ernesto A. Rubio-Camacho², Marco A. González-Tagle¹

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Linares-Cd. Victoria km 145. Apartado Postal 41. C. P. 67700, Linares, N. L. México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP, CIRPAC-C.E. Centro Altos de Jalisco.

Resumen

El fuego es un elemento de perturbación muy común en la mayoría de los ecosistemas terrestres y su presencia se ve reflejada directamente sobre la estructura y composición de especies. En el presente estudio se caracterizó la estructura y diversidad de especies vegetales después de un incendio ocurrido en un área de matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. Para ello, se establecieron 5 sitios de muestreo de 40 × 40 m (1,600 m²), dentro de los cuales se realizó un censo de todas las especies arbóreas y arbustivas ($db_{10\text{ m}} > 5\text{ cm}$). A cada individuo se le hicieron mediciones de diámetro de copa. Para cada especie se obtuvo el índice de valor de importancia (*IVI*), calculado a partir de tres variables, *abundancia* de acuerdo con el número de árboles por hectárea ($Naha^{-1}$), *dominancia* a través de la cobertura del área de copa y *frecuencia* con base en su presencia en los sitios de muestreo. Además, se calcularon los índices diversidad de Shannon (*H'*) y riqueza de Margalef (D_{MG}). En total se registraron 24 especies, siendo *Havardia pallens* la que obtuvo los mayores valores de importancia con 11.3% de IVI_{rel} . Para el índice de Margalef se obtuvo un valor de

$D_{MG}=3.16$, lo cual indica una alta riqueza de especies. Con lo anterior se aportan elementos cuantitativos de la vegetación arbórea y arbustiva de una comunidad incendiada, sugiriendo que este tipo de vegetación presenta altos valores de regeneración.

Palabras clave: Riqueza de especies, índice de valor de importancia, regeneración.

Summary

The fire is an element of disturbance very common in the major of the terrestrial ecosystems, and its presence is reflected directly on the structure and composition of the species. In the present study was characterized the structure and diversity of the vegetal species after a fire occurred in area of tamaulipan thornscrub of the northeast of Mexico. Was established five sampling sites 40 x 40 meters (1,600 m²), where was perform a census of all trees and shrubs ($d_{0.10m} > 5$ cm). Were made to each individual measurements of diameter of top. For each specie was obtained the importance value index (*IVI*) calculated starting of three variables, *abundance* according with the number of trees per hectare (Naha⁻¹) *dominance* across of the coverage of the top area, and *frequency* with base in its presence in the sites of sampling. Also was calculated the indexes Shannon's diversity (*H'*) and Margalef's wealth (D_{MG}). In total were registered twenty four species, being *Havardia Pallens* which got the major values of importance with 11.3 % *IVI_{rel}*. For the Margalef Index was obtained a value of $D_{MG}=3.16$, which indicates a high wealth of species. With this are provided quantitative elements of the tree and shrub vegetation of a community burned, suggesting that this type of vegetation presents high values of regeneration.

Key words. Post-Fire, wealth of species, importance value index, regeneration.

Introducción

El fuego es un elemento de perturbación presente en la mayoría de los ecosistemas terrestres y sus efectos se relacionan directamente con la estructura

y composición de especies (Agee, 1993; Avila-Flores *et al.*, 2014; Jardel-Peláez *et al.*, 2009; Pyne *et al.*, 1996; Rodríguez Trejo, 2008). Dependiendo del régimen de incendios, las especies tienden a responder de manera diferente ante un evento de perturbación, esto es, las especies pueden ser sensibles, resistentes, dependientes y adaptadas al fuego (Agee, 1993; Rodríguez Trejo, 2008). Para México, a pesar de constituir la base para el manejo sustentable de los recursos naturales, son escasos los estudios a nivel ecológico que relacionen el efecto del fuego sobre la dinámica de la diversidad y composición de especies en el matorral espinoso tamaulipeco (Moreno, 2013).

Entre muchos otros aspectos, el régimen de fuego es referido a la frecuencia, extensión y severidad de los incendios en un área específica (Agee, 1993; Heinselman, 1981). La frecuencia se refiere al tiempo que tarde en volver a presentarse un incendio en el mismo lugar, la extensión es el tamaño promedio de los incendios en dichas condiciones y la severidad es referida al daño propiciado al ecosistema (Agee, 1993; Rodríguez-Trejo, 1996). Para México se han propuesto algunas clasificaciones para el régimen potencial de fuego (Jardel-Peláez *et al.*, 2009; Rodríguez Trejo, 2008) y el matorral del noreste de México, de manera generalizada y por sus características bioclimáticas y físicas, potencialmente presenta incendios con baja frecuencia, severidad baja-moderada con tamaño pequeño-mediano (Jardel-Peláez *et al.*, 2009). Sin embargo, se carece de información sobre el efecto del fuego en la dinámica de la regeneración del matorral espinoso tamaulipeco.

El presente estudio tiene como objetivo el aportar al conocimiento de la dinámica del matorral espinoso tamaulipeco, mediante la caracterización de la estructura y diversidad de especies después de un incendio. Específicamente las preguntas fueron 1) ¿Cómo se da la regeneración de especies arbóreas y arbustivas post-incendio? 2) ¿Cuáles son las especies pioneras después del fuego? Y finalmente 3) ¿Cuán diverso es el ecosistema ante un incendio? Esta investigación se llevó a cabo en un predio del matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Estación Huertas, Municipio de Montemorelos, Nuevo León (noreste de México) a 82 km al sureste de la ciudad de Monterrey (Figura 1). Se localiza en las coordenadas 25°1'48" de latitud y 99°45'47" de longitud, con una altitud de 510 msnm.

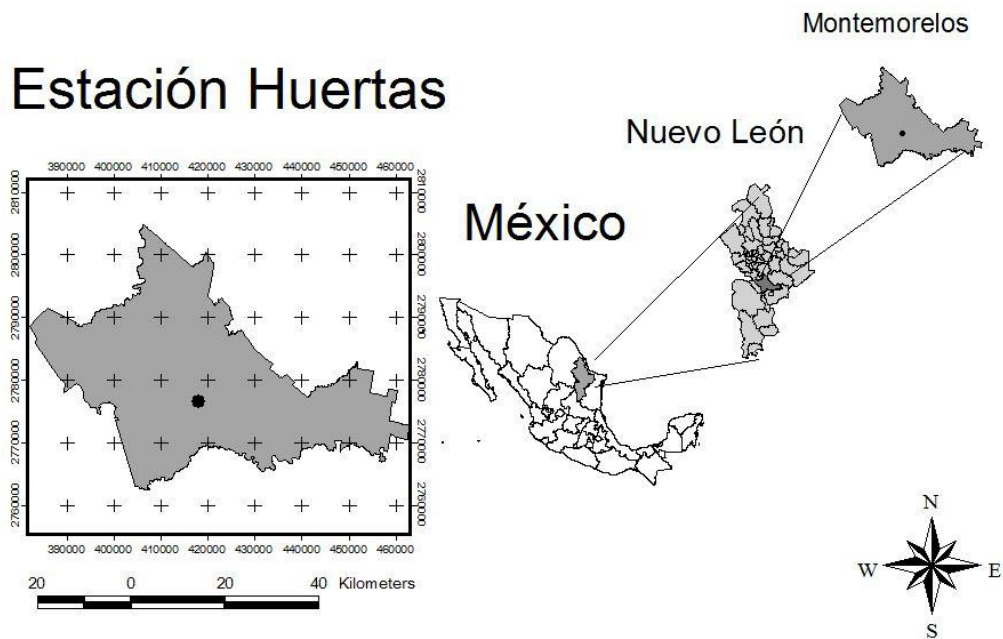


Figura 1. Localización del área de estudio.

Toma de datos en campo

En el verano del año 2010 se presentó un incendio superficial y de copa, afectando los elementos vegetales. El incendio afectó una superficie de 3,600 hectáreas. Se incineró la parte aérea de los árboles y arbustos, con excepción de la especie *Yucca filifera*, que por su altura no sufrió daño en las hojas.

Después del incendio no se practicó ninguna actividad productiva ni se realizaron actividades de restauración ecológica, dando oportunidad a que la comunidad vegetal regenerara naturalmente. En el verano del 2014 se establecieron aleatoriamente cinco sitios de muestreo en un paraje del ejido “Estación Huertas” para evaluar la vegetación, las dimensiones de cada uno fue de 40 × 40 m (1600 m²). En los sitios de muestro se realizó un censo de todas las especies arbóreas y arbustivas ($d_{0.10\text{ m}} > 5\text{ cm}$). Además, de cada individuo se registró la altura y el diámetro de copa (d_{copa}) y fue identificado por personal del laboratorio de botánica de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL.

Análisis de los datos

Para cada especie se determinó su abundancia, de acuerdo con el número de árboles, su dominancia, en función del área de copa, y su frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo. Las variables relativizadas se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de especie denominado Índice de Valor de Importancia (*IVI*), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Las fórmulas para estos cálculos se describen a continuación.

$$A_i = N_i / E$$

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

donde A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y E la superficie de muestreo (ha).

La cobertura relativa se evaluó mediante:

$$D_i = Ab_i / E(\text{ha})$$

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

donde D_i es la cobertura absoluta, DR_i es cobertura relativa de la especie i respecto a la cobertura, Ab el área de copa de la especie i y E la superficie (ha).

La frecuencia relativa se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$F_i = P_i / NS$$

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

donde F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la suma de las frecuencias, P_i es el número de sitios en el que está presente la especie i y NS el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia (IVI) se define como (Whittaker, 1972; Moreno, 2001):

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

Para estimar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef (D_{Mg}) y para la diversidad alfa el índice de Shannon-Weaver (H') mediante las ecuaciones (Shannon, 1948; Magurran, 2004):

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

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

$$p_i = n_i / N$$

donde S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos, n_i es el número de individuos de la especie i y p_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i).

Para la caracterización de la estructura vertical de las especies se utilizó el índice de distribución vertical de especies (A) (Pretzsch, 1996; Del Río *et al*, 2003). A indica valores entre 0 y un valor máximo (A_{max}). Un valor $A=0$ significa que el rodal está constituido por una sola especie que ocurre en un solo estrato. A_{max} se alcanza cuando la totalidad de las especies ocurren en la misma proporción tanto en el rodal como en los diferentes estratos (Corral *et al*, 2005). Para la estimación de distribución vertical de las especies, se definieron tres zonas de altura (Pretzsch, 1996; Jiménez, 2001), siendo éstos: zona I: 80%-100% de la altura máxima del área; zona II: 50%-80%, y zona III: de 0 a 50%. El índice se estima mediante la fórmula:

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

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

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

Resultados y discusión

Riqueza

Se registraron 1,448 árboles por hectárea ($Naha^{-1}$) distribuidos en 14 familias, 22 géneros y 24 especies (Cuadro 1). Las familias Fabaceae y Rutaceae son las que registraron más especies con 6 y 3 respectivamente, seguidas de las familias Euphorbiaceae, Rhamnaceae y Ebenaceae con dos especies cada una; para las

familias restantes solo se registró una especie. La mayor abundancia de las plantas de la familia Fabaceae se debe a que en el estado de Nuevo León algunos taxa son abundantes sobre grandes extensiones, como *Acacia rigidula*, *A. constricta*, *A. berlandieri* y *Prosopis glandulosa*, asociados a diversas comunidades de matorral xerófilo (González *et al.*, 1997; Estrada y Jurado, 2005) con vegetación secundaria. González *et al.*, (2010) reportaron 10 especies de la familia Fabaceae al evaluar la composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. Según Domínguez *et al.*, (2013) el desarrollo de la familia Fabaceae, se asocia a su capacidad de establecimiento en condiciones ambientales adversas.

Cuadro 1. Nombre científico y común, familias y forma de crecimiento de las especies registradas (ordenadas alfabéticamente).

Nombre científico (TROPICOS®)	Nombre común	Familia	Forma de crecimiento
<i>Acacia amentacea</i> (L.) Sarg.	Chaparro prieto	Fabaceae	Arbustiva
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	Huizache	Fabaceae	Arbustiva
<i>Amyris texana</i> (Buckley) P. Wilson	Chapotillo	Rutaceae	Arbustivo
<i>Bernardia myricifolia</i> (Sheele) Wats.	Oreja de raton	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Celtis pallida</i> Torr.	Granjeno	Ulmaceae	Arbustiva
<i>Citharexylon berlandieri</i> B.L. Robinson	Encorvagallina	Verbenaceae	Arbóreo
<i>Condalia hookeri</i> M. C. Johnst.	Brasil	Rhamnaceae	Arbórea
<i>Cordia boissieri</i> A. D.C.	Anacahuita	Boraginaceae	Arbórea
<i>Croton suaveolens</i> Torr.	Salvia	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Diospyros palmeri</i> Eastw	Chapote amarillo	Ebenaceae	Arbórea
<i>Diospyros texana</i> Scheele.	Chapote blanco	Ebenaceae	Arbórea
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Britton et Rose	Ébano	Fabaceae	Arbórea
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Panalero	Oleaceae	Arbustiva
<i>Havardia pallens</i> (Benth) Britt y Rose	Tenaza	Fabaceae	Arbórea
<i>Helietta parvifolia</i> (Gray) Benth.	Barreta	Rutaceae	Arbustiva
<i>karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Coyotillo	Rhamnaceae	Arbustiva
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I. M. Johnst	Cenizo	Scrophulariaceae	Arbustiva
<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.	Uña de gato	Fabaceae	Arbustiva
<i>Neopringlea integrifolia</i> (Hemsley) S. Watson	Corvagallina	Flacourtiaceae	Arbórea
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama	Caesalpiniaceae	Arbórea
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. y Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnston	Mezquite	Fabaceae	Arbórea
<i>Randia rhagocarpa</i> Standl.	Cruceto	Rubiaceae	Arbustiva
<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A.Gray	Lantristrisco	Anacardiaceae	Arbusto
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	Rutaceae	Arbustiva

Del total de los individuos encontrados, 696 se encuentran entre 1 y 2 metros de altura, siendo este rango de altura el más frecuente en el área muestreada, seguida de las alturas de 2 a 3 metros con 323 individuos. Sin embargo tan solo 9 individuos tienen las alturas más grandes de 6 a 7 metros (figura 2).

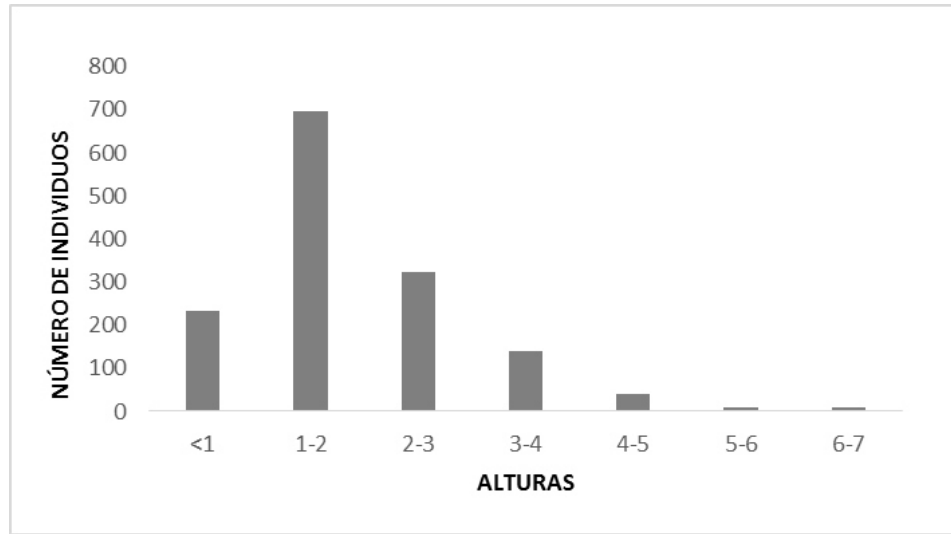


Figura 2. Histograma de alturas.

En relación al diámetro de copa, 714 individuos registraron un diámetro de copa que oscila entre 1 a 2 metros, siendo esta la medida más repetitiva del total de individuos. Solo 6 individuos tienen una copa que mide entre 6 y 7 metros de diámetro (figura 3).

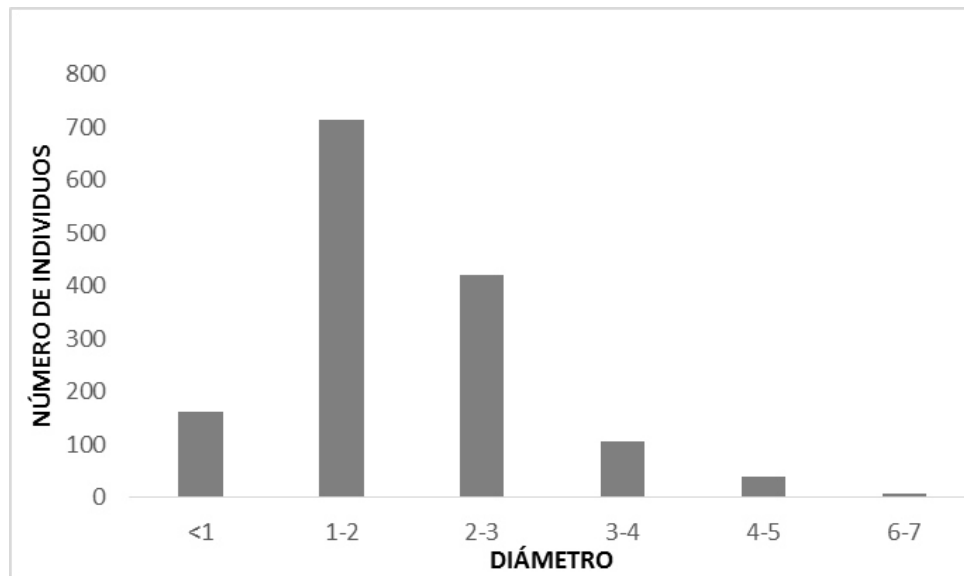


Figura 3. Histograma de diámetros de copa.

Estructura

Abundancia

La abundancia se mide de acuerdo al número de individuos por superficie, para el caso de esta comunidad vegetal se presentó una abundancia de 1,448 árboles por hectárea (N/ha^{-1}). Esta abundancia es inferior a lo reportado por Mora *et al.*, (2013) y Jiménez *et al.*, (2012), los cuales registraron 1,792 N/ha y 2370 N/ha respectivamente en un área de matorral con historial pecuario en el noreste de México. Referente al número de individuos por hectárea, seis especies fueron las más abundantes, presentando 1,038 N/ha que representa el 72% de la comunidad. La especie *Leucophyllum frutescens* fue la más abundante con 248 N/ha, seguida por *Havardia pallens* con 185 N/ha y *Mimosa zygophilla* con 160 N/ha (cuadro 2).

La curva de abundancia-diversidad describe de forma gráfica la relación entre la abundancia y las especies ordenadas en categorías de la más a la menos abundante (Villareal *et al.*, 2006). La línea de tendencia de la distribución de diversidad–dominancia del estudio corresponde a una distribución decreciente, donde se aprecia que hay un pequeño número de especies abundantes y una gran proporción de especies poco abundantes, lo que determina que las curvas sean como una jota invertida (Figura 4).

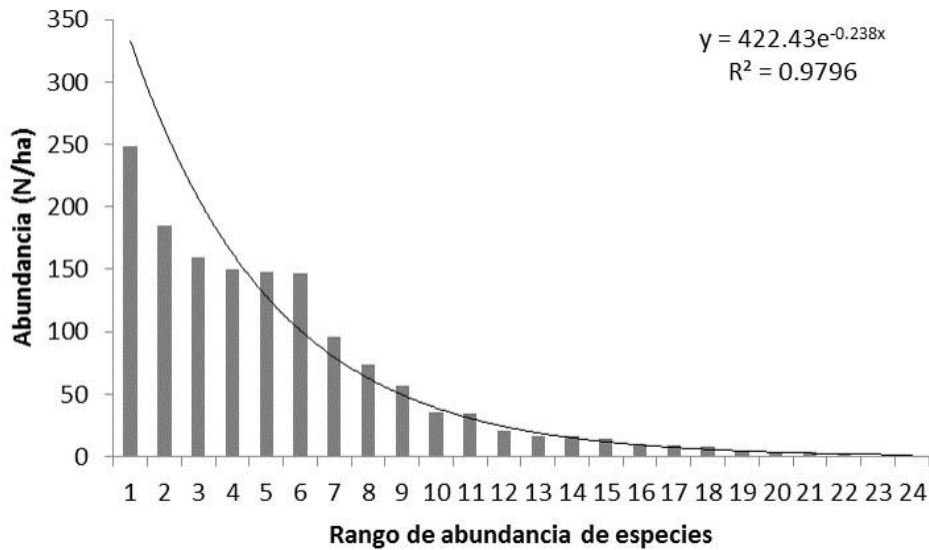


Figura 4. Curva de dominancia-diversidad basada en la abundancia (N/ha) y rango de especies.

Dominancia

El área evaluada presenta una cobertura de copa de 6,343.62 m²/ha, lo que representa una cobertura similar a lo reportado por Pequeño *et al.* (2012) con 6,844.87 m²/ha en un área de restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Cordia boissieri* es la especie más dominante con 1,062.4 m²/ha, que es el 16.7% de la cobertura del área de estudio. La especie que le continúa es *Havardia pallens* con 936.1 m²/ha correspondientes al 14.8% de la cobertura del área de estudio, y una tercera especie es *Neopringlea integrifolia* con 852.8m²/ha y una dominancia relativa de 13.4%. Por otro lado, la especie menos dominante es *Prosopis laevigata*, presenta 1.53 m²/ha de cobertura, seguida por *Condalia hookeri* con 4.0 m²/ha y *Citharexylon berlandieri* con 9.4 m²/ha respectivamente (Cuadro 2). Es importante mencionar que los mayores valores reportados para este parámetro en el MET en diferentes áreas con historial pecuario y agrícola los sustentan frecuentemente las especies *Acacia farnesiana* y *Acacia amentacea* (Alanís *et al.*, 2008; Pequeño *et al.*, 2012; Jiménez *et al.*, 2012). Diferente a lo que reporta Mora *et al.*, (2013) para un área sin disturbios, donde las especies dominantes

son *Acacia amentacea*, *Diospyros texana* y *Cordia boissieri*, esta última se presenta en el área incendiada y con altos valores de importancia (Cuadro 2).

Frecuencia

La frecuencia por especie está dominada por *Havardia pallens*, *Cordia boissieri*, *Zanthoxylum fagara*, *Mimosa zygophylla*, *Celtis pallida*, *Croton suaveolens* y *Forestiera angustifolia* con presencia en todos los sitios de muestreo, correspondientes a 6.5% de frecuencia relativa, las especies que continúan son *Leucophyllum frutescens*, *Ebenopsis ebano*, *Acacia amentacea* y *Bernardia myricifolia* con presencia en 4 de los 5 sitios. Las especies menos frecuentes fueron *Acacia farnesiana*, *Diospyros texana*, *Rhus virens*, *Citharexylon berlandieri*, *Condalia hookeri* y *Prosopis laevigata* con presencia en 1 de los 5 sitios de muestreo (cuadro 2).

Índice de Valores de importancia (IVI)

El mayor peso ecológico, obtenido mediante el índice de valor de importancia, lo tuvo la especie *Havardia pallens* con 11.3% de IVI_{rel} , las especies que le siguen en importancia son *Leucophyllum frutescens* con 10.2% y *Cordia boissieri* con 10.0%. Las especies con menor peso ecológico son *Prosopis laevigata*, *Condalia hookeri* y *Citharexylon berlandieri* con 0.5% (cuadro 2). Moreno (2013) reportó a *Cordia boissieri*, *Havardia pallens* y *Leucophyllum frutescens* como unas de las especie más importantes, coincidiendo con lo obtenido en este estudio, esto es de gran relevancia, ya que hace suponer que estas son especies pioneras post-incendio del matorral espinoso tamaulipeco. Además de que *Havardia pallens* se asocia a los incendios, ha sido reportada como una especie invasora en México (UNIBIO, 2009), por lo que se considera que su establecimiento después de un incendio se facilita, ya que tras el paso del fuego, se generan espacios abiertos por la eliminación de la cobertura vegetal, los cuales favorecen la germinación y rebrote de especies oportunistas (Pausas, 2004; Calvo *et al.*, 2008; Weiguo *et al.*, 2008)

Cuadro 2. Abundancia, dominancia, frecuencia e índice de Valor de importancia de las especies registradas.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Rel	
	N/ha	%	m ² /ha	%	N/Sitios	%	
<i>Havardia pallens</i>	185	12.8	936.1	14.8	5	6.5	11.3
<i>Leucophyllum frutescens</i>	248	17.1	534.1	8.4	4	5.2	10.2
<i>Cordia boissieri</i>	96	6.6	1062.4	16.7	5	6.5	10.0
<i>Neopringlea integrifolia</i>	147	10.2	852.8	13.4	3	3.9	9.2
<i>Zanthoxylum fagara</i>	150	10.4	591.6	9.3	5	6.5	8.7
<i>Mimosa zygophilla</i>	160	11.0	542.6	8.6	5	6.5	8.7
<i>Ebenopsis ebano</i>	148	10.2	376.5	5.9	4	5.2	7.1
<i>Celtis pallida</i>	57	3.9	340.6	5.4	5	6.5	5.3
<i>Croton suaveolens</i>	74	5.1	263.9	4.2	5	6.5	5.3
<i>Forestiera angustifolia</i>	36	2.5	110.1	1.7	5	6.5	3.6
<i>Acacia amentacea</i>	21	1.5	214.6	3.4	4	5.2	3.3
<i>karwinskia humboldtiana</i>	35	2.4	104.0	1.6	3	3.9	2.7
<i>Bernardia myricifolia</i>	17	1.2	40.9	0.6	4	5.2	2.3
<i>Diospyros palmeri</i>	10	0.7	112.1	1.8	3	3.9	2.1
<i>Helietta parvifolia</i>	14	1.0	89.1	1.4	3	3.9	2.1
<i>Parkinsonia aculeata</i>	9	0.6	21.8	0.3	3	3.9	1.6
<i>Randia rhagocarpa</i>	8	0.6	19.4	0.3	3	3.9	1.6
<i>Amyris texana</i>	4	0.3	32.7	0.5	2	2.6	1.1
<i>Acacia farnesiana</i>	17	1.2	35.0	0.6	1	1.3	1.0
<i>Diospyros texana</i>	4	0.3	39.0	0.6	1	1.3	0.7
<i>Rhus virens</i>	4	0.3	9.5	0.1	1	1.3	0.6
<i>Citharexylon berlandieri</i>	1	0.1	9.4	0.1	1	1.3	0.5
<i>Condalia hookeri</i>	2	0.1	4.0	0.1	1	1.3	0.5
<i>Prosopis laevigata</i>	1	0.1	1.53	0.02	1	1.3	0.5
	1448	100	6343.62	100	77	100	100

Ref: **Abs**=Valores absolutos; **Rel**=Valores relativos (%); **N/ha**=Número de árboles por hectárea; **IVI**=índice de valor de importancia; **IVI_{rel}**= Índice de valores de importancia relativos (%).

Índices de diversidad de especies

La riqueza específica fue de 24 especies, superior a lo reportado por Mora *et al.*, (2013) y por Pequeño *et al.*, (2012) quienes evaluaron comunidades con perturbación diferente a los incendios, los cuales obtuvieron 21 y 12 especies respectivamente. Esto coincide con Beguet *et al.*, (1987) quienes observaron que las áreas quemadas, a medida que transcurre el tiempo, se van haciendo florísticamente más disímiles de las áreas sin quemar. Para el índice de Margalef el valor fue de $D_{Mg}=3.16$, lo cual indica una alta riqueza de especies si se compara con otras áreas regeneradas del matorral con perturbación antropogénica (Jiménez *et al.*, 2012; Pequeño *et al.*, 2012; Mora *et al.*, 2013). En el índice de Shannon fue de $H'=2.52$, el cual es un valor alto comparado con Alanís (2006) el cual obtuvo un índice de Shannon de 2.02 en una evaluación con diferente historial antropogénico. Mora *et al.* (2013) registró una diversidad $H'=1.95$ evaluando el efecto de la ganadería en el MET. Pequeño *et al.*, (2012), reporta valores de $H'=1.27$, en un análisis de la restauración, pos-pecuaria en el MET. Todo lo anterior concordando con Trabaud (1998), quien observó que la riqueza florística aumenta tras un incendio en el mediterráneo.

Índice de distribución vertical de las especies (Pretzsch)

En este índice se definieron tres estratos, alto, medio y bajo. El estrato alto se encuentra conformado por *Diospyros palmeri*, *Helietta parvifolia*, *Havardia pallens*, *Celtis pallida* y *Cordia boissieri* con 14 individuos por hectárea, es decir el 1% del total. El estrato medio lo conforman *Acacia amentácea*, *Amyris texana*, *Celtis pallida*, *Cordia boissieri*, *Diospyros palmeri*, *Diospyros texana*, *Ebenopsis ébano*, *Havardia pallens*, *Helietta parvifolia*, *Mimosa zygophilla*, *Zanthoxylum fagara* con 127 individuos por hectárea que representan el 9% de los individuos respectivamente. En el estrato bajo se registraron todas las especies del área de estudio, excepto *Diospyros texana* 1,307 individuos por hectárea lo que representa el 90%. La especie más abundante en el estrato bajo fue *Leucophyllum frutescens* con 310 individuos por hectárea seguida de *Mimosa*

zygophilla con 197.5 N/ha, seguida de *Neopringlea integrifolia* con 183.75 N/ha y *Ebenopsis ébano* con 180 N/ha (cuadro 3).

De acuerdo a los resultados obtenidos el valor del índice *A* es de 2.75 con un valor de *A_{max}* de 4.28, lo cual indica que la zona evaluada presenta una alta presencia de individuos en un estrato bajo y una baja presencia en el resto de los estratos. Con base en la tabla de estratos verticales y en los resultados del índice de Pretzsch, se puede observar que en el estrato bajo se encuentran los individuos que después del incendio sufrieron la pérdida de la parte aérea y actualmente se encuentran rebrotando del tocón. Los escasos individuos de los estratos I y II son los que sobrevivieron al fuego.

Cuadro 3. Valores del índice vertical de Pretzch para el matorral espinoso tamaulipeco del área de estudio

Estrato 1(5.25 - 6.5)	N	N/ha	Proporción (%)	
			Del total	En la zona
<i>Diospyros palmeri</i>	4	5	28.6	0.276
<i>Helietta parvifolia</i>	1	1.25	7.1	0.069
<i>Havardia pallens</i>	5	6.25	35.7	0.345
<i>Celtis pallida</i>	2	2.5	14.3	0.138
<i>Cordia boissieri</i>	2	2.5	14.3	0.138
Suma	14	17.5	100	0.967
Estrato 2(3.25 - 5)				
<i>Acacia amentacea</i>	8	10	6.3	0.552
<i>Amyris texana</i>	2	2.5	1.6	0.138
<i>Celtis pallida</i>	13	16.25	10.2	0.898
<i>Cordia boissieri</i>	30	37.5	23.6	2.072
<i>Diospyros palmeri</i>	4	5	3.1	0.276
<i>Diospyros texana</i>	4	5	3.1	0.276
<i>Ebenopsis ebano</i>	4	5	3.1	0.276
<i>Havardia pallens</i>	42	52.5	33.1	2.901
<i>Helietta parvifolia</i>	5	6.25	3.9	0.345
<i>Mimosa zygophilla</i>	2	2.5	1.6	0.138
<i>Zanthoxylum fagara</i>	13	16.25	10.2	0.898
Suma	127	158.75	100	8.771
Estrato 3(.28 - 3.22)				
<i>Acacia amentacea</i>	13	16.25	1.0	0.898
<i>Acacia farnesiana</i>	17	21.25	1.3	1.174
<i>Amyris texana</i>	2	2.5	0.2	0.138
<i>Bernardia myricifolia</i>	17	21.25	1.3	1.174
<i>Celtis pallida</i>	42	52.5	3.2	2.901
<i>Citharexylon berlandieri</i>	1	1.25	0.1	0.069
<i>Condalia hookeri</i>	2	2.5	0.2	0.138
<i>Cordia boissieri</i>	64	80	4.9	4.420
<i>Croton suaveolens</i>	74	92.5	5.7	5.110
<i>Diospyros palmeri</i>	2	2.5	0.2	0.138
<i>Ebenopsis ebano</i>	144	180	11.0	9.945
<i>Forestiera angustifolia</i>	36	45	2.8	2.486
<i>Havardia pallens</i>	138	172.5	10.6	9.530
<i>Helietta parvifolia</i>	8	10	0.6	0.552
<i>karwinskia humboldtiana</i>	35	43.75	2.7	2.417
<i>Leucophyllum frutescens</i>	248	310	19.0	17.127
<i>Mimosa zygophilla</i>	158	197.5	12.1	10.912
<i>Neopringlea integrifolia</i>	147	183.75	11.2	10.152
<i>Parkinsonia aculeata</i>	9	11.25	0.7	0.622
<i>Prosopis laevigata</i>	1	1.25	0.1	0.069
<i>Randia rhagocarpa</i>	8	10	0.6	0.552
<i>Rhus virens</i>	4	5	0.3	0.276
<i>Zanthoxylum fagara</i>	137	171.25	10.48	9.461
Suma	1307	1633.75	100	90.262
Suma total	1448	1810	300	100

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, se destacan las siguientes conclusiones: 1) la comunidad estudiada presenta una riqueza específica de 24 especies, lo cual es un valor alto si se compara con otras comunidades vegetales del MET regeneradas post-perturbación; 2) la especie *Havardia pallens* registró un 11.3% de *IVI* siendo la especie que presenta un mayor peso ecológico en el área de estudio; por lo que se considera una especie pionera y que le benefician los incendios, 3) Los índices de riqueza y diversidad ($D_{Mg} = 3.16$; $H' = 2.52$) registraron altos valores, esto demuestra que el área post-incendio cuenta con una buena regeneración y con alta diversidad de especies. La presente investigación aporta elementos cuantitativos de la vegetación arbórea y arbustiva de una comunidad incendiada, sugiriendo que este tipo de vegetación presenta alta resiliencia a este disturbio.

Bibliografía

- Agee, J.K. 1993. Fire ecology of pacific northwest forests. Washington D.C.: Island Press. 490 pp.
- Alanís, E. 2006. Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial de uso antropogénico en el matorral espinoso tamaulipeco. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L., México.
- Avila, D.Y., González T.M.A., Jiménez P.J., Aguirre C.O.A., Treviño G.E.J., Vargas L.B. y Alanís R.E. 2014. Efecto de la severidad del fuego en las características de la estructura forestal en rodales de coníferas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. doi:10.5154/r.rchscfa.2013.01.005
- Beguet, H.; Andrea S.D´. y Montoni N. 1987. Influencia del fuego en pastizal natural de las sierras de Comechingones. Primeras Jornadas Nacionales de Zonas Áridas y Semiáridas. Santiago del estero: 332-333.

- Calvo, L.; Santalla S., Valbuena L., Marcos E., Tárrega R. y Calabuig E.L. 2008. Post-fire natural regeneration of a *Pinus pinaster* forest in NW Spain. *Plant Ecology*. 197: 81- 90.
- Corral, J., Aguirre O.A., Jiménez J. y Corral S. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el Bosque Mesófilo de Montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México. *Investigaciones Agrarias: Sistema de Recursos Forestales*. 14(2):217-228.
- Del Río, M., Montes F., Cañellas I. y Montero, G. 2003. Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigaciones Agrarias: Sistema de Recursos Forestales* 12 (1), 159-176.
- Domínguez, T.G.; González H., Ramírez R.G., Estrada A.E., Cantú I., Gómez M.V., Villarreal J.A., Socorro M. y Alanís G. 2013. Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco durante las épocas seca y húmeda. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 4(17): 106-123.
- Estrada, E. y Jurado E. 2005. “Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México”. *Acta Botánica Mexicana*. 73: 1-18.
- González, E.M.; Treviño E.J. y Aguirre O.A. 1997. “Fisonomía y composición de la vegetación secundaria en un área de matorral del noreste de México”, *Phytología*. 83: 257-269.
- González, H.; Ramírez R.G., Cantú I., Gómez M. y Uvalle J.I. 2010. Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*. 29: 91-106.
- Heinselman, M.L. 1981. Fire intensity and frequency as factors in the distribution and structure of northern ecosystems. Honolulu, Hawaii: DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. p. 7–57. Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/243778654> Fire intensity and freq

uency as factors in the distribution and structure of northern ecosystems

- Instituto de Biología. "Havardia pallens (Benth.) Britton y Rose IBUNAM:MEXU:LEG1037551". UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2009-01-04. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2014-12-4. Disponible en: <<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:LEG1037551>>
- Jardel, P.E.J., Alvarado C.E., Morfín R.J.E., Castillo N.F. y Flores G.J.G. 2009. Regímenes de fuego en ecosistemas forestales de México. México: Mundi-Prensa.
- Jiménez, J., Aguirre, O. y Kramer, H. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. Investigaciones Agrarias: Sistema de Recursos Forestales. 10 (2) 355-366.
- Jiménez, P.J., Alanís E., Ruiz J.L., González M.A., Yerena J.I. y Alanís G.J. 2012. Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el noreste de México. Ciencia UANL. 58: 66-71.
- Magurran, A.E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science. Oxford, UK. 256 pp.
- Mora, C.A.; Alanís E., Jiménez J., González M.A., Yerena J.I. y Cuellar L.G. 2013. "Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México". Ecología Aplicada. 12(1): 29-34.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manual y tesis SEA. Editado por Cooperación Iberoamericana (CYTED), Unesco (Orcyt) y SEA. Vol. 1. Pachuca, Hidalgo, México. 83 pp.

- Moreno, M. 2013. Composición y diversidad vegetal de un área post-incendio en el Matorral Espinoso Tamaulipeco del Noreste de México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. 34 pp.
- Mostacedo, B y Fredericksen S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR; Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Pausas, J.G. 2004. La recurrencia de incendios en el monte mediterráneo. En: Vallejo, V.R. y Alloza, J.A. Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo. Fundación CEAM. Edita: Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. 47-64.
- Pequeño, L.M.; Alanís E., Jiménez J., González M.A., Yerena I., Cuellar L.G. y Mora A. 2012. "Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México". Ciencia UAT. 24(2): 48-53.
- Pretzsch, H. 1996. Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handels. Deutscher Verband Forestlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung 1996, Nehresheim, 134-154.
- Pyne, S.J., Andrews L. y Laven D. 1996. Introduction to Wildland Fire (2 edition). New York: Wiley. 808 pp.
- Rodríguez T.D.A. 2008. Fire regimes, fire ecology, and fire management in Mexico. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 37(7-8), 548–556. doi:<http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447-37.7.548>
- Rodríguez T.D.A. 1996. Incendios forestales. Universidad Autónoma de Chapingo, Mundi-Prensa. 630 pp.
- Shannon, C. 1948. The mathematical theory of communication. En: The mathematical theory of communication. Shannon C.E. & Weaver W. (Ed). Univ. of Illinois Press Urbana. 29-125.

Trabaud, L. 1998. Recuperación y regeneración de ecosistemas mediterráneos incendiados. Serie Geográfica. Incendios forestales. 7: 37-47

Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 14 Dec 2014

<<http://www.tropicos.org>>

Villareal, H.; Álvarez M., Córdoba S.S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M. y Umaña A.M. 2006. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad: 191 (en) Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.

Weiguo, S., Sha C. y Guangqi L. 2008. Dynamics of leaf area index and canopy openness of three forest types in a warm temperate zone. *Frontiers of Forestry in China*. 3: 416-421.

Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*. 21: 213–251.

CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN Y ESTRUCTURA FLORÍSTICA DE UNA COMUNIDAD VEGETAL DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO

CHARACTERIZATION AND STRUCTURE FLORISTIC OF A VEGETATION COMMUNITY OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB

Gabriel Graciano-Ávila¹, Eduardo Alanís-Rodríguez¹, Óscar A. Aguirre-Calderón¹, Marco A. González-Tagle¹, Ernesto A. Rubio-Camacho², J. Manuel Mata Balderas³

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Linares-Cd. Victoria km 145. Apartado Postal 41. C. P. 67700, Linares, N. L. México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP, CIRPAC-C.E. Centro Altos de Jalisco.

³Gestión Estratégica y Manejo Ambiental S.C. Carr. San Miguel-Huinalá # 935. Tercer piso. Local 38. Plaza comercial Acanto. Apodaca, N. L. México.

Resumen

La estructura, la diversidad y densidad de la vegetación son elementos importantes para la caracterización de los ecosistemas. En el presente estudio se caracterizó la estructura y diversidad de especies vegetales en un área del matorral espinoso tamaulipeco. Para ello, se establecieron 70 sitios de muestreo de 10 × 10 m (100 m²), dentro de los cuales se realizó un censo de todas las especies arbóreas y arbustivas ($d_{0.10\text{ m}} > 5\text{ cm}$), incluyendo a las plantas suculentas. A cada individuo se le hicieron mediciones de diámetro de copa. Para cada especie se obtuvo el índice de valor de importancia (*IVI*), calculado a partir de tres variables, *abundancia* de acuerdo con el número de árboles por hectárea

($Naha^{-1}$), *dominancia* a través de la cobertura del área de copa y *frecuencia* con base en su presencia en los sitios de muestreo. Además, se calcularon los índices de diversidad de Shannon (H') y riqueza de Margalef (D_{MG}). En total se registraron 67 especies, 55 géneros y 25 familias. Esta comunidad presenta una densidad de $3,313 \text{ ind/ha}^{-1}$ y una cobertura de copas de $16,671 \text{ m}^2/\text{ha}^{-1}$. *Acacia rigidula* fue la que obtuvo los mayores valores de importancia con 8.04% de IVI_{rel} . La curva de rango/abundancia de especies se ajustó a una función log-normal, característica de las comunidades maduras. Para el índice de Margalef se obtuvo un valor de $D_{MG}=8.14$, lo cual indica una alta riqueza de especies. Con lo anterior se aportan elementos cuantitativos de la vegetación arbórea, arbustiva y suculenta de una comunidad vegetal del matorral espinoso tamaulipeco, indicando que este tipo de vegetación presenta una alta diversidad y riqueza de especies en comparación con otras comunidades vegetales del matorral.

Palabras clave: *Acacia rigidula*; Fabaceae; Índices de diversidad

Summary

The structure, diversity and density of vegetation are important for the characterization of ecosystems. In the present study was characterized the structure and diversity of the vegetal species in area of tamaulipan thornscrub of the northeast of Mexico. Was established 70 sampling sites 10×10 meters (100 m^2), where was perform a census of all trees and shrubs ($d_{0.10 \text{ m}} > 5\text{cm}$), including succulent plants. Were made to each individual measurements of diameter of top. For each specie was obtained the importance value index (IVI) calculated starting of three variables, *abundance* according with the number of trees per hectare ($Naha^{-1}$) *dominance* across of the coverage of the top area, and *frequency* with base in its presence in the sites of sampling. Also was calculated the indexes Shannon's diversity (H') and Margalef's wealth (D_{MG}). In total were registered 67 species, 55 genera and 25 families. This community presents a density of $3,313 \text{ ind/ha}^{-1}$ and the coverage of the top area of $16,671 \text{ m}^2/\text{ha}^{-1}$. *Acacia rigidula* was the one that obtained the major values of importance with 8.04% of IVI_{rel} . The curve of range / abundance of species adjusted to a log-normal function, typical

of the mature communities. For the Margalef Index was obtained a value of $D_{MG}=8.14$, which indicates a high wealth of species. With this are provided quantitative elements of the arboreal vegetation, arbustiva and succulent of a vegetable community of the tamaulipan thornscrub, indicating that this type of vegetation presents a high diversity and wealth of species in comparison with other vegetable communities of shrub.

Key words: *Acacia rigidula*; *Fabaceae*; *Índices de diversidad*; Indexes of diversity

Introducción

La vegetación de las regiones de México con clima árido y semiárido es muy variada desde el punto de vista fisonómico (Rzedowski, 1978). Con 3.2% de la superficie del territorio Nacional, el estado de Nuevo León alberga cerca del 10% de las plantas superiores, con aproximadamente más de 2,400 especies (Alanís, 1996). La vegetación del estado ocupa 5,196,342 ha de las cuales 348,637 ha corresponden a la superficie arbolada y las restantes 4,847,709 están ocupadas por vegetación de matorral y zonas áridas (SARH, 1994). Sin embargo, entre los años 1993 al 2002, el matorral sufrió una pérdida de 953 mil hectáreas por cambio de uso de suelo a nivel nacional (Návar, 2008). Y mantiene una continua deforestación para establecer zonas agrícolas, industriales y urbanas (Alanís *et al.*, 2008; Arriaga, 2009). Debido a la pérdida acelerada de estos ecosistemas, es necesario generar información sobre diversidad y composición de especies con la finalidad de aportar a su entendimiento y función.

El matorral espinoso tamaulipeco (MET) es una comunidad arbustiva formada por la dominancia de plantas espinosas y caducifolias. Su distribución se localiza en la porción norte de la Llanura Costera del Golfo Norte y el extremo sur de la Gran Llanura de Norteamérica con una superficie de 125,000 km² (Foroughbakhch *et al.*, 2005, 2009; Rzedowski, 2006). Este ecosistema presenta una alta riqueza específica y diversidad de especies arbóreas y arbustivas (Heiseke y Foroughbakhch, 1985; Alanís *et al.*, 2008; Jiménez *et al.*, 2013; Mora *et al.*, 2013).

Los estudios que evalúan la estructura arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México iniciaron desde hace décadas y se han centrado en evaluar comunidades maduras (Reid *et al* 1990, Domínguez *et al* 2013; Mora *et al* 2013; Ramírez-Lozano *et al* 2013) o regeneradas después de diversas actividades productivas (Jiménez *et al.* 2012; Alanís *et al.*, 2013; Jiménez *et al.* 2013). En los últimos años se han incrementado el número de investigaciones de esta temática, pero aún no se ha generado una investigación que además de considerar el elemento arbóreo y arbustivo, cuantifique también las suculentas.

De esta forma el presente estudio tiene por objetivo generar información sobre la diversidad y composición de especies arbóreas, arbustivas y suculentas del matorral espinoso tamaulipeco mediante la caracterización florística y estructural de una comunidad vegetal. Específicamente la pregunta fue ¿Cuán diverso es el ecosistema incluyendo especies suculentas? Esto permitirá brindar elementos para la toma de decisiones que apoyen la conservación y el manejo sustentable en este ecosistema.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en una comunidad vegetal de matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México, específicamente en los municipios de Apodaca, Guadalupe, Higuera y Pesquería en el estado de Nuevo León (figura 5). Las coordenadas de ubicación son 25°47'07" N y 100°07'30" W, con una amplitud altitudinal de 344 a 648 msnm.

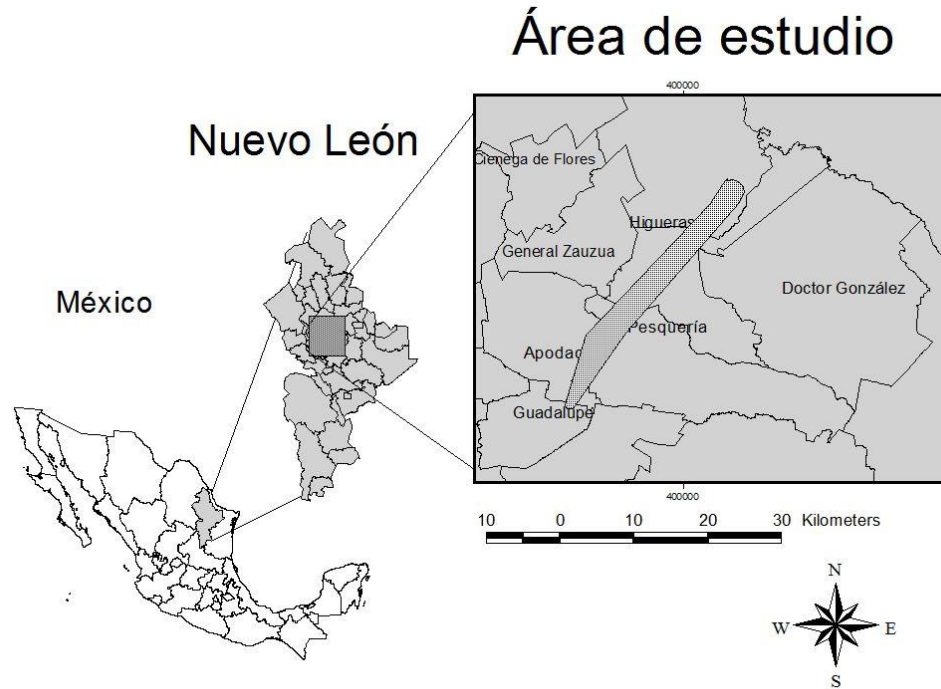


Figura 5. Ubicación del área de estudio.

Toma de datos en campo

Entre el año 2013 y 2014 se evaluó la comunidad vegetal del área de estudio, tomando en consideración los componentes arbóreo y arbustivo, así como a las plantas suculentas. Se establecieron aleatoriamente 70 sitios de muestreo de 10 x10 m (100 m²), lo cual constituye una superficie total evaluada de 7,000 m². En cada una de ellas se realizó un censo de todos los arbustos y árboles ≥ 5 cm de diámetro basal ($d_{0.10}$) y plantas suculentas. A todos los individuos se les midió el diámetro de copa (d_{copa}) en sentido norte-sur y este-oeste con una cinta métrica.

Análisis de los datos

Para cada especie se determinó su abundancia, de acuerdo con el número de árboles, su dominancia, en función del área de copa, y su frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo. Las variables relativizadas se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de especie denominado Índice de Valor

de Importancia (*IV*), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974). Las fórmulas para estos cálculos se describen a continuación.

$$A_i = N_i / E$$

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

donde A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y E la superficie de muestreo (ha).

La cobertura relativa se evaluó mediante:

$$D_i = Ab_i / E (ha)$$

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

donde D_i es la cobertura absoluta, DR_i es cobertura relativa de la especie i respecto a la cobertura, Ab el área de copa de la especie i y E la superficie (ha).

La frecuencia relativa se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$F_i = P_i / NS$$

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

donde F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la suma de las frecuencias, P_i es el número de sitios en el que está presente la especie i y NS el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia (*IVI*) se define como (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974):

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

El Índice de Valor de Importancia Familiar (*IVIF*) adquiere valores de 0 a 100% y se calculó de la siguiente manera (Whittaker, 1972; Moreno, 2001):

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

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, y FRF_i = frecuencia relativa de la familia i respecto a la frecuencia total.

Para describir la estructura de la comunidad en términos de la abundancia de cada especie se utilizaron curvas de rango/abundancia (Magurran, 2004); las cuales muestran la relación entre el valor de abundancia absoluta de las especies en función de un arreglo secuencial que van de la más común a la más rara (Martella *et al.*, 2012). En la actualidad existen muchos modelos que se utilizan para describir la diversidad de especies en una comunidad. Sin embargo, en este estudio solo se analizan tres de los más conocidos: el modelo Poisson de la serie normal logarítmica, el modelo Serie Geométrica y el Modelo Neutral de Alonso y Mackane (Miranda, 2014). Se ajustaron los modelos mediante el método de máxima verosimilitud. Los programas utilizados para dicho ajuste son dos principalmente, el R v 3.1.2 (R Development Core Team, 2011) y el RStudio v 0.99 ("RStudio," n.d.), utilizando las rutinas de Prado y Miranda (2014). La selección de los modelos se llevó a cabo mediante dos métodos, visual y estadístico. El método visual evalúa el comportamiento de los datos predichos contra los observados de manera gráfica, esto es, se observa que la distribución de los datos sea similar. El método estadístico utilizado fue el criterio de información de Akaike (AIC), en el que se comparan los modelos seleccionados

tomando en cuenta su ajuste y su complejidad, cuando se comparan dos modelos utilizando éste método la selección del mejor modelo está en función del menor valor en AIC. Sin embargo, también se toma en cuenta el valor delta AIC (dAIC), que compara los modelos con base a su resultado de AIC, menos el mínimo AIC. Cuando el dAIC es menor a 2 quiere decir que no hay diferencia entre los modelos.

Para estimar la diversidad alfa, se utilizó el índice de Margalef (D_{Mg}) y el índice de Shannon-Weaver (H') mediante las ecuaciones (Shannon, 1948; Magurran, 2004):

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

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

$$p_i = n_i / N$$

donde S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos, n_i es el número de individuos de la especie i y p_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i).

Resultados

Riqueza

Se registraron 47 especies arbóreas y arbustivas y 20 especies suculentas, distribuidos en 55 géneros y 25 familias (Cuadro 4). Las familias con mayor número de especies fueron Cactaceae, Fabaceae y Rhamnaceae con 17, 10 y 5 especies respectivamente, seguidas de las familias Euphorbiaceae y Verbenaceae con cuatro especies cada una. Estas cinco familias incluyeron 29 géneros y 40 especies, lo que constituye 59.7% de la vegetación registrada en las 70 parcelas de muestreo.

Cuadro 4. Nombre científico, nombre común, familia y forma de crecimiento de las especies registradas en el área de estudio (ordenadas alfabéticamente por nombre científico).

Nombre científico (TROPICOS®)	Nombre común	Familia	Forma de crecimiento
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Huizache	Fabaceae	Arbustiva
<i>Acacia greggii</i> A. Gray	Uña de gato	Fabaceae	Arbustiva
<i>Acacia rigidula</i> Benth.	Gavia	Fabaceae	Arbustiva
<i>Acacia wrightii</i> Benth.	Uña de gato	Fabaceae	Arbustiva
<i>Agave asperrima</i> Jacobi	Agave cenizo	Asparagaceae	Suculenta
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	Lechuguilla	Asparagaceae	Suculenta
<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc.	Aloysia	Verbenaceae	Arbustiva
<i>Ariocarpus trigonus</i> (F.A.C. Weber) K. Schum.	Chaute	Cactaceae	Suculenta
<i>Bernardia myricifolia</i> (Scheele) S. Watson	Oreja de ratón	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Bumelia celastrina</i> Kunth	Coma	Sapotaceae	Arbustiva
<i>Castela texana</i> (Torr. & A. Gray) Rose	Chaparro amargoso	Simaroubaceae	Arbustiva
<i>Celtis pallida</i> Torr.	Granjeno	Cannabaceae	Arbustiva
<i>Cercidium macrum</i> I.M. Johnst.	Palo verde	Fabaceae	Árborea
<i>Colubrina greggii</i> S. Watson	Manzanita	Rhamnaceae	Árborea
<i>Colubrina texensis</i> (Torr. & A. Gray) A. Gray	Manzanita de los puercos	Rhamnaceae	Arbustiva
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst.	Brasil	Rhamnaceae	Árborea
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	Anacahuita	Boraginaceae	Arbustiva
<i>Corynopuntia schottii</i> (Engelm.) F.M. Knuth	Perritos	Cactaceae	Suculenta
<i>Coryphantha nickelsie</i> (K.Brandege) Britton & Rose	Biznaguita partida	Cactaceae	Suculenta
<i>Coryphantha salinensis</i> A. Zimmerman ex Dicht & A. Luethy	Biznaguita partida mayor	Cactaceae	Suculenta
<i>Croton torreyanus</i> Müll. Arg.	Croto	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F.M. Knuth	Tasajillo	Cactaceae	Suculenta
<i>Diospyros texana</i> Scheele	Chapote prieto	Ebenaceae	Árborea
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	Dodonea	Sapindaceae	Arbustiva
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	Ébano	Fabaceae	Árborea
<i>Echinocactus horizanthalonius</i> Lemaire,	Mancacaballo	Cactaceae	Suculenta
<i>Echinocactus texensis</i> Hopffer	Mancacaballo anguloso	Cactaceae	Suculenta
<i>Echinocereus parkeri</i> N.P. Taylor	Pitayo	Cactaceae	Suculenta
<i>Echinocereus pentalophus</i> (DC.) Haage	Pitayo postrado	Cactaceae	Suculenta
<i>Echinocereus poselgeri</i> Lem.	Sacazil	Cactaceae	Suculenta
<i>Ehretia anacua</i> (Terán & Berland.) I.M. Johnst.	Anacua	Boraginaceae	Árborea
<i>Eupatorium odoratum</i> L.	Ageratina	Asteraceae	Arbustiva
<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele	Vara dulce	Fabaceae	Arbustiva

Cuadro 4 (continuación). Nombre científico, nombre común, familia y forma de crecimiento de las especies registradas en el área de estudio (ordenadas alfabéticamente por nombre científico).

Nombre científico (TROPICOS®)	Nombre común	Familia	Forma de crecimiento
<i>Ferocactus hamatacanthus</i> Bravo ex Backeb. & F.M. Knuth	Biznaga ganchuda	Cactaceae	Suculenta
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Panalero	Oleaceae	Arbustiva
<i>Guaiaacum angustifolium</i> Engelm.	Guayacán	Zygophyllaceae	Arbustiva
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Pegajosilla	Asteraceae	Arbustiva
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	Tenaza	Fabaceae	Arbórea
<i>Hechtia glomerata</i> Zucc.	Guapilla	Bromeliaceae	Suculenta
<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray) Benth.	Barreta	Rutaceae	Arbustiva
<i>Jatropha dioica</i> Cerv.	Sangre de drago	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Coyotillo	Rhamnaceae	Arbustiva
<i>Krameria ramosissima</i> (A. Gray) S. Watson	Krameria	Krameriaceae	Arbustiva
<i>Lantana achyranthifolia</i> Desf.	Lantanilla	Verbenaceae	Arbustiva
<i>Lantana camara</i> L.	Lantana	Verbenaceae	Arbustiva
<i>Leucaena pulvurenta</i> (Schltdl.) Benth.	Leucaena	Fabaceae	Arbórea
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I.M. Johnst.	Cenizo	Scrophulariaceae	Arbustiva
<i>Lippia graveolens</i> Kunth	Oreganillo	Verbenaceae	Arbustiva
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Cilindrillo	Solanaceae	Arbustiva
<i>Mammillaria candida</i> Scheidw.	Bola de nieve	Cactaceae	Suculenta
<i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf.	Biznaga de chilitos	Cactaceae	Suculenta
<i>Mammillaria prolifera</i> (Mill.) Haw.	Biznagueta	Cactaceae	Suculenta
<i>Neopringlea integrifolia</i> (Hemsley) S. Watson	Corvagallina	Flacourtiaceae	Arbórea
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Tabaquillo	Solanaceae	Arbustiva
<i>Opuntia engelmannii</i> (Salm-Dyck) ex Engelm.	Nopal	Cactaceae	Suculenta
<i>Parkinsonia acuelata</i> L.	Retama	Caesalpiniaceae	Arbórea
<i>Parthenium incanum</i> Kunth	Mariola	Asteraceae	Arbustiva
<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.	Mezquite	Fabaceae	Arbórea
<i>Randia laetevirens</i> Standl.	Crucillo	Rubiaceae	Arbórea
<i>Ricinus communis</i> L.	Higuerilla	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Schaefferia cuneifolia</i> A. Gray	Capul	Celastraceae	Arbustiva
<i>Sclerocactus scheeri</i> (Salm-Dyck) N.P. Taylor	Biznagueta ganchuda	Cactaceae	Suculenta
<i>Turbincarpus saueri</i> (Boed.) John & R̄iha	Biznagueta	Cactaceae	Suculenta
<i>Turnera diffusa</i> Willd.	Damiana	Passifloraceae	Arbustiva
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Yuca	Asparagaceae	Arbórea
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	Rutaceae	Arbustiva
<i>Ziziphus obtusifolia</i> (Hook. Ex Torr. & A. Gray) A. Gray	Clepe	Rhamnaceae	Arbustiva

Estructura

Las familias Fabaceae, Rutaceae, Asteraceae, Scrophulariaceae y Verbenaceae fueron las más importantes de acuerdo con los valores del Índice de Valor de importancia Familiar (*IVIF*), sumando 55.3% del total de la comunidad. Las familias Passifloraceae, Krameriaceae, Solanaceae, Celastraceae, Rubiaceae, Caesalpiniaceae fueron las que presentaron menos de 1% de *IVIF* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Parámetros estructurales estimados para las familias registradas en el área de estudio. IVIF = Índice de Valor de Importancia Familiar. Las familias están ordenadas en forma descendente según su IVIF.

Familia	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVIF
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
	(n/ha ⁻¹)	(%)	(m ² /ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	
Fabaceae	561	16.93	4544.93	27.26	235.71	20.55	21.58
Rutaceae	259	7.82	3628.55	21.77	81.43	7.10	12.23
Asteraceae	525	15.85	875.69	5.25	20.00	1.74	7.61
Scrophulariaceae	243	7.33	1211.61	7.27	80.00	6.97	7.19
Verbenaceae	473	14.28	247.49	1.48	50.00	4.36	6.71
Boraginaceae	87	2.63	1405.72	8.43	58.57	5.11	5.39
Cactaceae	156	4.71	16.44	0.10	128.57	11.21	5.34
Rhamnaceae	238	7.18	266.92	1.60	77.14	6.72	5.17
Asparagaceae	133	4.01	624.73	3.75	72.86	6.35	4.70
Cannabaceae	60	1.81	966.66	5.80	45.71	3.99	3.86
Ebenaceae	36	1.09	824.56	4.95	27.14	2.37	2.80
Euphorbiaceae	116	3.50	133.89	0.80	45.71	3.99	2.76
Oleaceae	52	1.57	483.08	2.90	34.29	2.99	2.49
Sapotaceae	37	1.12	445.37	2.67	34.29	2.99	2.26
Flacourtiaceae	37	1.12	379.22	2.27	27.14	2.37	1.92
Zygophyllaceae	69	2.08	54.20	0.33	32.86	2.86	1.76
Sapindaceae	57	1.72	267.76	1.61	18.57	1.62	1.65
Simaroubaceae	23	0.69	166.16	1.00	30.00	2.62	1.44
Bromeliaceae	32	0.97	23.74	0.14	22.86	1.99	1.03
Passifloraceae	56	1.69	13.29	0.08	4.29	0.37	0.71
Krameriaceae	47	1.42	23.29	0.14	2.86	0.25	0.60
Solanaceae	8	0.24	44.43	0.27	8.57	0.75	0.42
Celastraceae	5	0.15	6.54	0.04	4.29	0.37	0.19
Rubiaceae	2	0.06	3.07	0.02	2.86	0.25	0.11
Caesalpinaceae	1	0.03	13.74	0.08	1.43	0.12	0.08
	3313	100	16671.06	100	1147.14	100	100

La comunidad vegetal del área de estudio presentó una densidad de 3,313 ind/ha⁻¹ y una cobertura de copas de 16,671 m²/ha⁻¹. A nivel de especie, según los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) *Acacia rigidula*, *Leucophyllum frutescens*, *Heliopsis parvifolia* y *Lippia graveolens* fueron las más sobresalientes, al registrar los valores más altos, sumando 28.38% del total de la comunidad. El

58.2% de las especies (39 de 67) presentan valores de *IVI* inferiores de 1.0% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Parámetros estructurales estimados para las especies registradas en el área de estudio. *IVI* = Índice de Valor de Importancia. Las especies están ordenadas en forma descendente según su *IVI*.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		<i>IVI</i>
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
	(n/ha ⁻¹)	(%)	(m ² /ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	
<i>Acacia rigidula</i>	266	8.03	1750.59	10.5	64.29	5.6	8.04
<i>Leucophyllum frutescens</i>	243	7.33	1211.61	7.27	80	6.97	7.19
<i>Helietta parvifolia</i>	127	3.83	2178.88	13.07	37.14	3.24	6.71
<i>Lippia graveolens</i>	462	13.95	245.31	1.47	44.29	3.86	6.43
<i>Zanthoxylum fagara</i>	132	3.98	1449.67	8.7	44.29	3.86	5.51
<i>Cordia boissieri</i>	86	2.6	1400.29	8.4	57.14	4.98	5.33
<i>Eupatorium odoratum</i>	314	9.48	788.38	4.73	4.29	0.37	4.86
<i>Eysenhardtia texana</i>	79	2.38	788.38	4.73	61.43	5.35	4.16
<i>Celtis pallida</i>	60	1.81	966.66	5.8	45.71	3.99	3.86
<i>Havardia pallens</i>	85	2.57	915.52	5.49	37.14	3.24	3.77
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	142	4.29	129.94	0.78	54.29	4.73	3.27
<i>Acacia greggii</i>	77	2.32	654.61	3.93	34.29	2.99	3.08
<i>Diospyros texana</i>	36	1.09	824.56	4.95	27.14	2.37	2.8
<i>Forestiera angustifolia</i>	52	1.57	483.08	2.9	34.29	2.99	2.49
<i>Bumelia celastrina</i>	37	1.12	445.37	2.67	34.29	2.99	2.26
<i>Neopringlea integrifolia</i>	37	1.12	379.22	2.27	27.14	2.37	1.92
<i>Agave lechuguilla</i>	76	2.29	69.84	0.42	32.86	2.86	1.86
<i>Guaiaacum angustifolium</i>	69	2.08	54.2	0.33	32.86	2.86	1.76
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	149	4.5	70.24	0.42	2.86	0.25	1.72
<i>Yucca filifera</i>	17	0.51	542.76	3.26	14.29	1.25	1.67
<i>Dodonaea viscosa</i>	57	1.72	267.76	1.61	18.57	1.62	1.65
<i>Castela texana</i>	23	0.69	166.16	1	30	2.62	1.44
<i>Jatropha dioica</i>	57	1.72	25.1	0.15	27.14	2.37	1.41
<i>Colubrina texensis</i>	75	2.26	86.32	0.52	8.57	0.75	1.18
<i>Agave asperrima</i>	40	1.21	12.13	0.07	25.71	2.24	1.17
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	31	0.94	6.82	0.04	27.14	2.37	1.11
<i>Hechtia glomerata</i>	32	0.97	23.74	0.14	22.86	1.99	1.03
<i>Parthenium incanum</i>	62	1.87	17.07	0.1	12.86	1.12	1.03
<i>Opuntia engelmannii</i>	26	0.78	7.73	0.05	20	1.74	0.86
<i>Croton torreyanus</i>	29	0.88	56.71	0.34	12.86	1.12	0.78
<i>Tumera diffusa</i>	56	1.69	13.29	0.08	4.29	0.37	0.71
<i>Acacia famesiana</i>	13	0.39	157.71	0.95	8.57	0.75	0.7

Cuadro 6 (continuación). Parámetros estructurales estimados para las especies registradas en el área de estudio. IVI = Índice de Valor de Importancia. Las especies están ordenadas en forma descendente según su IVI.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Absoluta (n/ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (m ² /ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
<i>Cercidium macrum</i>	11	0.33	79.13	0.47	12.86	1.12	0.64
<i>Krameria ramosissima</i>	47	1.42	23.29	0.14	2.86	0.25	0.6
<i>Ferocactus hamatacanthus</i>	18	0.54	0.62	0	12.86	1.12	0.56
<i>Leucaena pulvurenta</i>	15	0.45	89.3	0.54	4.29	0.37	0.45
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	12	0.36	27.89	0.17	8.57	0.75	0.43
<i>Ricinus communis</i>	26	0.78	41.99	0.25	1.43	0.12	0.39
<i>Turbinicarpus saueri</i>	12	0.36	0.15	0	8.57	0.75	0.37
<i>Coryphantha salinensis</i>	8	0.24	0.06	0	8.57	0.75	0.33
<i>Echinocereus pentalophus</i>	8	0.24	0.03	0	8.57	0.75	0.33
<i>Acacia wrightii</i>	9	0.27	55.58	0.33	4.29	0.37	0.33
<i>Coryphantha nickelsie</i>	7	0.21	0.01	0	8.57	0.75	0.32
<i>Corynopuntia schottii</i>	9	0.27	0.02	0	7.14	0.62	0.3
<i>Ariocarpus trigonus</i>	7	0.21	0.01	0	7.14	0.62	0.28
<i>Mammillaria candida</i>	7	0.21	0.01	0	7.14	0.62	0.28
<i>Nicotiana glauca</i>	4	0.12	35.17	0.21	4.29	0.37	0.24
<i>Ebenopsis ebano</i>	3	0.09	28.06	0.17	4.29	0.37	0.21
<i>Prosopis glandulosa</i>	3	0.09	26.07	0.16	4.29	0.37	0.21
<i>Schaefferia cuneifolia</i>	5	0.15	6.54	0.04	4.29	0.37	0.19
<i>Bernardia myricifolia</i>	4	0.12	10.09	0.06	4.29	0.37	0.18
<i>Lycium bertandieri</i>	4	0.12	9.26	0.06	4.29	0.37	0.18
<i>Aloysia gratissima</i>	9	0.27	1.44	0.01	2.86	0.25	0.18
<i>Condalia hookeri</i>	4	0.12	18.81	0.11	2.86	0.25	0.16
<i>Echinocereus parkeri</i>	6	0.18	0.19	0	2.86	0.25	0.14
<i>Colubrina greggii</i>	5	0.15	3.97	0.02	2.86	0.25	0.14
<i>Randia laetevirens</i>	2	0.06	3.07	0.02	2.86	0.25	0.11
<i>Echinocactus horizanthalonius</i>	2	0.06	0.1	0	2.86	0.25	0.1
<i>Echinocactus texensis</i>	6	0.18	0.48	0	1.43	0.12	0.1
<i>Parkinsonia acuelata</i>	1	0.03	13.74	0.08	1.43	0.12	0.08
<i>Mammillaria prolifera</i>	3	0.09	0.12	0	1.43	0.12	0.07
<i>Sclerocactus scheeri</i>	3	0.09	0.05	0	1.43	0.12	0.07
<i>Ehretia anacua</i>	1	0.03	5.43	0.03	1.43	0.12	0.06
<i>Echinocereus poselgeri</i>	2	0.06	0.05	0	1.43	0.12	0.06
<i>Lantana achyranthifolia</i>	1	0.03	0.55	0	1.43	0.12	0.05
<i>Lantana camara</i>	1	0.03	0.18	0	1.43	0.12	0.05
<i>Mammillaria heyderi</i>	1	0.03	0.01	0	1.43	0.12	0.05
	3313	100	16671.06	100	1147.142	100	100

Curva de rango/abundancia de las especies

En la figura 6 se muestran las 3 curvas de rango/abundancia para todas las especies registradas en el muestreo de la vegetación. Solo la primera curva se ajusta gráficamente a la distribución Poisson-Lognormal, las otras 2 curvas, Geométrica y la distribución Neutral de Alonso y Mackane, no se ajustan a la distribución de los datos. Estos ajustes se confirman con los valores del cuadro 7. De esta manera se puede describir la abundancia de especies en el área utilizando el modelo de Poisson-Lognormal, ya que la distribución de especies se ajusta a este modelo gráfica y analíticamente.

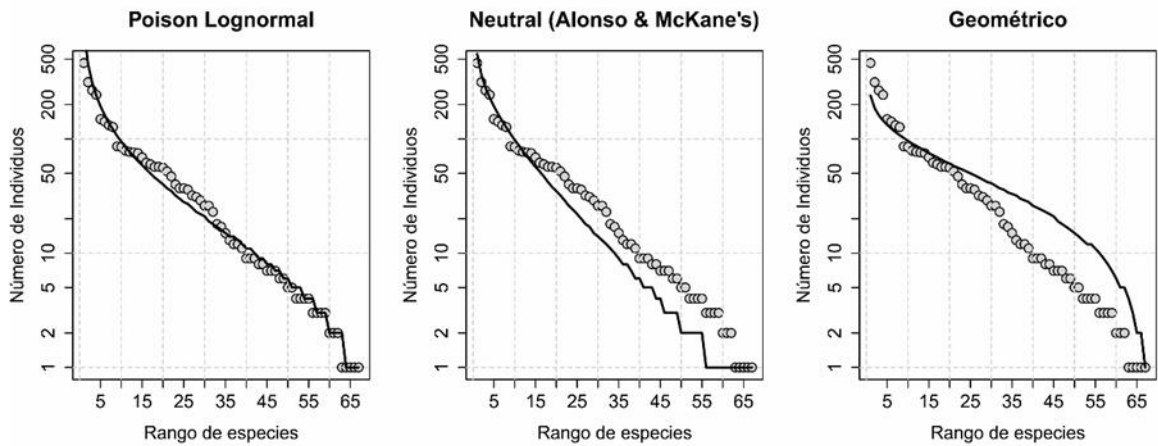


Figura 6. Curvas observadas de rango/abundancia de las especies para el matorral espinoso tamaulipeco del área de estudio.

Cuadro 7. Ajuste de los modelos a la distribución de la abundancia de especies en el área de estudio. Donde loglik= Logaritmo de verosimilitud; AIC= Criterio de Información de Akaike; dAIC= Delta

Modelo	loglik	AIC	dAIC
Poisson Lognormal	-314.10	632.19	0.00
Modelo Neutral	-316.97	635.95	3.76
Modelo Geométrico	-327.68	657.36	25.17

Índices de diversidad de especies

La riqueza específica de la comunidad vegetal del matorral espinoso tamaulipeco estudiado fue de 67 especies y presentó un índice de Margalef de $D_{Mg}=8.14$. En relación al valor de diversidad de especies, el valor del índice de Shannon fue de $H'=3.36$.

Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la riqueza de especies arbóreas y arbustivas registrada en el matorral espinoso tamaulipeco del área de estudio (47) es mayor a los registrados por Mora *et al.* (2013) quien reportaron 21 especies y menor a lo registrado por Domínguez *et al.* (2013) quien registró 53 especies al evaluar la diversidad del MET en otras áreas en condiciones similares. Sin embargo estos estudios no se consideraron las especies suculentas, lo que hace que en el presente estudio se registre mayor riqueza (67 especies). La familia Fabaceae y el género *Acacia* fueron los más representativos, coincidiendo con lo reportado en los estudios de composición y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco de Mora *et al.* (2013) y Domínguez *et al.* (2013).

Comparando los valores obtenidos de los índices de Margalef ($D_{Mg}=8.14$) y Shannon ($H'=3.36$) con estudios realizados en otras comunidades de matorral que se desarrollan en el estado de Nuevo León, se puede deducir que se trata de una comunidad vegetal diversa. Estos resultados son similares a los reportados por otros autores que han evaluado comunidades vegetales maduras del matorral submontano considerando especies arbóreas, arbustivas y suculentas. Alanís *et al.* (2015), evaluaron un matorral submontano contiguo al Área Metropolitana de Monterrey (Noreste de México) y registraron valores de índice de Margalef ($D_{Mg}=6.02$) y Shannon ($H'=3.02$). También coinciden con los resultados de Canizales *et al.* (2009) quienes caracterizaron un área del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, y reportaron valores de índice de Margalef ($D_{Mg}=6.34$) y Shannon ($H'=3.00$).

La abundancia registrada ($3,313 \text{ ind/ha}^{-1}$) es superior a lo reportado por González *et al.* (2010) y Mora *et al.* (2013), los cuales registraron $1,741 \text{ N/ha}$ y $1,763 \text{ N/ha}$ respectivamente al evaluar un área del MET, en dichos estudios las especies suculentas no fueron tomadas en cuenta. Sin embargo, Alanís *et al.* (2015) registró una abundancia de $3,629 \text{ N/ha}$ al evaluar un matorral submontano contiguo al Área Metropolitana de Monterrey considerando plantas arbóreas, arbustivas y suculentas. El valor de la cobertura de copas registrado ($16,671 \text{ m}^2/\text{ha}^{-1}$) indica que existe una cobertura superior al 100% y por lo tanto un considerable traslape de copa. El traslape de copa es continuamente registrado en estudios realizados en comunidades vegetales maduras del matorral espinoso tamaulipeco en donde no influye si se toman en consideración las especies suculentas (García y Jurado, 2008; Mora *et al.*, 2013; Domínguez *et al.*, 2013)

Las especies, *Acacia rigidula*, *Leucophyllum frutescens* y *Helietta parvifolia* fueron las que presentaron el mayor índice de valor de importancia. Estos resultados coinciden con lo reportado por González *et al.* (2010) quienes registraron a *Acacia rigidula* como la especie con mayor valor de importancia al evaluar la composición y estructura de la vegetación en tres sitios de Nuevo León. De la misma forma, Estrada *et al.* (2004) señalaron que es palpable el predominio de *Acacia rigidula* en el matorral espinoso tamaulipeco y matorral submontano. García y Jurado (2008) reportaron a las especies *Helietta parvifolia* y *Acacia rigidula* como las especies con mayor valor de importancia en un estudio de caracterización del matorral con condiciones prístinas.

En la figura 6 se aprecia que las especies *Lippia graveolens*, *Eupatorium odoratum*, *Acacia rigidula* y *Leucophyllum frutescens* tienen una abundancia alta, mientras que *Parkinsonia acuelata*, *Ehretia anacua*, *Lantana achyranthifolia*, *Lantana cámara* y *Mammillaria heyderi* son especies raras. Alanís-Rodríguez *et al.* (2015) registró a *Acacia amentacea* y *Leucophyllum frutescens* como especies con una abundancia alta al evaluar la estructura y diversidad del matorral submontano contiguo la ciudad de Monterrey.

Las especies registradas en el área de estudio presentan una distribución de tipo log normal. Coincidiendo con Alanís *et al.* (2015) quienes determinaron que las especies de un área del matorral submontano contiguo al área metropolitana de Monterrey, presentan una distribución de este mismo tipo. Generalmente la distribución de tipo Poisson-lognormal, es registrada en estudios donde las comunidades vegetales se encuentran en estado maduro (Long *et al.*, 2012; Martella *et al.*, 2012; Matthews y Whittaker, 2014, Alanís-Rodríguez *et al.*, 2015). Otros estudios señalan que este tipo de distribución es la más común en comunidades vegetales sin disturbio (Zacarías-Eslava *et al.*, 2011; Long *et al.*, 2012; Martella *et al.*, 2012; Matthews y Whittaker, 2014).

Conclusiones

El área estudiada del MET presenta una alta riqueza específica y diversidad de especies arbóreas, arbustivas y suculentas en comparación con otras comunidades vegetales del matorral del noreste de México. Las familias con mayor importancia por su contribución a la comunidad son *Fabaceae*, *Rutaceae*, *Asteraceae*, *Scrophulariaceae* y *Verbenaceae*. Las especies más importantes son *Acacia rigidula*, *Leucophyllum frutescens*, *Helietta parvifolia* y *Lippia graveolens*. La curva de rango/abundancia de las especies se ajustó mejor a una función log-normal, la cual es una distribución característica en la mayoría de las comunidades vegetales maduras y sin perturbación.

Bibliografía

- Alanís, E., Jiménez J., González M.A., Yerena J.I., Cuellar L.G. y Mora O.A. 2013. "Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México". *Phyton International Journal of Experimental Botany*, vol. 82, pp. 185-192.
- Alanís, E., Jiménez J., Aguirre O.A., Treviño E.J., Jurado E. y González M.A. 2008. "Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco". *Ciencia UANL* vol. 11, pp. 56-62.

- Alanís, F.G., Cano C.G. y Rovalo M.M. 1996. Vegetación y flora de Nuevo León. Monterrey N. L. México.
- Alanís, R.E., Jiménez P.J., Mora O.A., Martínez Á.J.G., Mata B.J.M., Chávez C.A.C. y Rubio C.E.A. (En prensa). Estructura y diversidad del matorral submontano contiguo al área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Acta Botánica Mexicana*.
- Arriaga, L. 2009. "Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar". *Investigación ambiental*, vol. 1, pp. 6-16.
- Canizales, V.P.A., Alanís R.E., Aranda R.R., Mata B.J.M., Jiménez P.J., Alanís S.F.G., Uvalle J.I. y Ruiz B.M.G. 2009. Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo, Series Ciencias Forestales y del Ambiente* 15:115-120.
- Domínguez, T.G., González H., Ramírez R.G., Estrada A.E., Cantú I., Gómez M.V., Villarreal J.Á., Socorro M. y Alanís G. 2013. Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco durante las épocas seca y húmeda. *Rev. Mex. Cien. For.* 4(17): 106-123.
- Estrada, E., Yen C., Delgado A. y Villarreal 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., Reyes R.G., Alvarado V.M.A., Hernández P.J.L. y Rocha A. 2005. Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 216: 359–366.
- García, J. y Jurado E. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares N.L., México. *Ra Ximhai* 4(1): 1–21.

- González H., Ramírez R.G., Cantú I., Gómez M. y Uvalle J.I. 2010. Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*. 29:91-106.
- Heiseke, D. y Foroughbakhch R. 1985. El matorral como recurso forestal. Reporte científico No. 1. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Universidad Autónoma de Nuevo León. 31 p.
- Jiménez J., Alanís E., Ruiz J.L., González M.A., Yerena J.I. y Alanís G.J. 2012. "Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el NE de México". *Ciencia UANL*, vol. 15, pp. 66-71.
- Jiménez J., Alanís E., González M.A., Aguirre O.A. y Treviño E.J. 2013. "Characterizing woody species regeneration in areas with different land history tenure in the tamaulipan thornscrub, Mexico". *The Southwestern Naturalist*, vol. 58, pp. 299-304.
- Long, W., Yang X. y Li D. 2012. Patterns of species diversity and soil nutrients along a chronosequence of vegetation recovery in Hainan Island, South China. *Ecol. Res.* 27(3): 561-568.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell, Cambridge, Massachusetts, USA. 256 pp.
- Martella, M., Trumper E., Bellis L.M., Renison D., Giordano P., Bazzano G. y Gleisser R. 2012. Manual de ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología) Ser. Ecol.* 5(1): 71-115.
- Mata, M., Treviño E., Valdecantos A., Jiménez J., Aguirre O., Alanís E. y Foroughbackch R. 2014. Diversidad y composición vegetal de matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el Noreste de México. *Rev. Iberoam. Cien.* 1(3): 3-15.

- Matthews, T.J. & Whittaker R.J. 2014. Fitting and comparing competing models of the species abundance distribution: assessment and prospect. *Frontiers of Biogeography*, 6(2). Retrieved from <http://escholarship.org/uc/item/3gz504j3>
- Miranda, P.I.P. and M.D. 2014. sads: Maximum Likelihood Models for Species Abundance Distributions. Retrieved from <http://cran.r-project.org/web/packages/sads/index.html>
- Mora, C.A., Alanís E., Jiménez J., González M.A., Yerena J.I., y Cuellar L.G. 2013. "Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México". *Ecología Aplicada* 12(1):29-34.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manual y tesis SEA. Editado por Cooperación Iberoamericana (CYTED), Unesco (Orcyt) y SEA. Vol. 1. Pachuca, Hidalgo, México. 83 pp.
- Mostacedo, B y Fredericksen S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR; Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Müller, D.D. y Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, Nueva York
- Návar, J.J. 2008. "Carbon fluxes resulting from land-use changes in the Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico". *Carbon Balance and Management*, vol. 3, pp. 1–11.
- R Development Core Team, R. 2011. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. (R. D. C. Team, Ed.) R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. doi:10.1007/978-3-540-74686-7
- Ramírez, L.R., Domínguez, G.T.G., González R.H., Cantú S.I., Gómez M.M.V., Sarquís R.J.I. y Jurado E. 2013. "Composición y diversidad de la vegetación en cuatro sitios del noreste de México". *Madera y Bosques*, vol. 19, pp. 59-72.

Reid N., Smith S., Beyer M.P. y Marroquin J. 1990. "Floristic and structural variation in the Tamaulipan Thornscrub, Northeastern México", *Journal of Vegetation Science*, vol. 1, pp. 529-538.

RStudio. (n.d.). Retrieved from <http://www.rstudio.com/products/rstudio/>

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*, Ed. Limusa, Méx...

Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 255 Pp.

SARH. 1994. *Inventario Nacional Forestal Periódico*, México. Pág 74.

Shannon, C. 1948. The mathematical theory of communication. En: *The mathematical theory of communication*. Shannon C.E. & Weaver W. (Ed). Univ. of Illinois Press Urbana. 29-125.

Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 16 Aug 2015 <<http://www.tropicos.org>>

Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*. 21: 213–251.

Zacarías-Eslava, L.E., Cornejo T.G., Cortés F.J., González C.N. y Ibarra M.G. 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 82(3): 854-869.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES GENERALES

A continuación se presentan las conclusiones generales a manera de resumen de los resultados obtenidos en las investigaciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede concluir que la primera comunidad evaluada, la cual presentó un incendio en el año 2010 presenta una riqueza específica de 24 especies, este es un número alto respecto a otros estudios presentados en otras comunidades vegetales regeneradas post-perturbación del mismo ecosistema. Por otro lado la familia Fabacea registró el mayor número de especies (6 especies), las plantas pertenecientes a esta familia se encuentran frecuentemente en grandes extensiones del estado de Nuevo León, ya que se establecen con facilidad en áreas con condiciones ambientales adversas (González *et al.*, 1997; Estrada y Jurado, 2005; Domínguez *et al.*, 2013). La mayoría de los individuos no rebasa los 2 metros de altura, siendo estas las especies que se encuentran rebrotando o que se establecieron después del incendio. La cobertura de copa (6,343.62 m²/ha), no alcanza los 10,000 m², lo que indica que no existe una superposición de copas y que no existe gran competencia, esto hace que el área evaluada permita el establecimiento de otros individuos, por la disponibilidad de espacio y de luz en el estrato inferior (Alanís *et al.*, 2008; Pequeño *et al.*, 2012; Jiménez *et al.*, 2012). La especie *Havardia pallens* registró el mayor peso ecológico (11.3% de IVI) por lo que en este estudio se considera una especie pionera y que le benefician los incendios (Pausas, 2004; Calvo *et al.*, 2008; Weiguo *et al.*, 2008; UNIBIO, 2009). La línea de tendencia de la distribución de diversidad-dominancia presenta una distribución decreciente (un pequeño número de especies abundantes y una gran proporción de especies poco abundantes) Los índices de riqueza y diversidad ($D_{Mg} = 3.16$; $H' = 2.52$) registraron altos valores en comparación con otros estudios (Alanís, 2006; Jiménez *et al.*, 2012; Pequeño *et*

al., 2012; Mora *et al.*, 2013), esto demuestra que la riqueza florística aumenta tras un incendio.

La segunda comunidad vegetal evaluada, es una comunidad madura y con poca perturbación. Esta área presenta una alta riqueza específica de especies arbóreas, arbustivas y suculentas (47 especies arbóreas-arbustivas y 20 suculentas) en comparación con otras comunidades vegetales del matorral del noreste de México (Mora *et al.*, 2013; Domínguez *et al.*, 2013), esta diversidad se debe en gran medida a que en los estudios no se consideran a las plantas suculentas. Las familias con mayor peso ecológico son Fabaceae, Rutaceae, Asteraceae, Scrophulariaceae y Verbenaceae (53% de la comunidad), de la misma forma las especies con mayor peso ecológico son *Acacia rigidula*, *Leucophyllum frutescens*, *Helietta parvifolia* y *Lippia graveolens*. (28.38% de la comunidad); estas familias y especies son comúnmente encontradas en diversos estudios de comunidades vegetales maduras del matorral espinoso tamaulipeco (Mora *et al.*, 2013; Domínguez *et al.*, 2013). La abundancia registrada fue 3,313 ind/ha⁻¹, el cual es un alto valor superior comparado con otras comunidades (González *et al.*, 2010; Mora *et al.*, 2013). Por otra parte se registró una cobertura de copas de 1,6671 m²/ha⁻¹, que indica que existe una cobertura superior al 100% y por lo tanto existe traslape de copa, el traslape de copa es registrado frecuentemente en estudios realizados en comunidades vegetales maduras del matorral espinoso tamaulipeco (García y Jurado, 2008; Mora *et al.*, 2013; Domínguez *et al.*, 2013). Los valores que se obtuvieron en cuanto a los índices de diversidad fueron Margalef un valor de $D_{Mg} = 8.14$ y Shannon un valor de $H' = 3.36$; estos resultados son similares a los reportados por otros autores que han evaluado comunidades vegetales maduras del matorral submontano considerando especies arbóreas, arbustivas y suculentas (Canizales *et al.*, 2009; Alanís *et al.*, 2015)

Bibliografía

Alanís, R.E., 2006. Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial antropogénico en el matorral espinoso tamaulipeco, tesis de

maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 66-67 pp.

Alanís, R.E., Jiménez P.J., Aguirre C.O., Treviño G.E., Jurado Y.E. y González, T.M. 2008. "Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco". *Ciencia UANL*, 11: 56-62.

Alanís, R.E., Jiménez P.J., Mora O.A., Martínez Á.J.G., Mata B.J.M, Chávez C.A.C. y Rubio C.E.A. (En prensa). Estructura y diversidad del matorral submontano contiguo al área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Acta Botánica Mexicana*.

Calvo, L., Santalla S., Valbuena L., Marcos E., Tárrega R. y Calabuig E.L. 2008. Post-fire natural regeneration of a *Pinus pinaster* forest in NW Spain. *Plant Ecology*. 197: 81- 90.

Canizales, V.P.A., Alanís R.E., Aranda R.R., Mata B.J.M., Jiménez P.J., Alanís S.F.G., Uvalle J.I. y Ruiz B.M.G. 2009. Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo, Series Ciencias Forestales y del Ambiente* 15:115-120.

Domínguez, T.G., González H., Ramírez R.G., Estrada A.E., Cantú I., Gómez M.V., Villarreal J.Á., Socorro M. y Alanís G. 2013. Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco durante las épocas seca y húmeda. *Rev. Mex. Cien. For.* 4(17): 106-123.

Estrada, E. y Jurado E. 2005. "Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México". *Acta Botánica Mexicana*. 73: 1-18.

García, J. y E. Jurado. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares N.L., México. *Ra Ximhai* 4(1): 1-21.

González H., Ramírez R.G., Cantú I., Gómez M. & Uvalle J.I. 2010. Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*. 29:91-106.

- González, M., Treviño E. y Jurado E. 1997. Diversidad florística de la vegetación secundaria en un área de matorral del noreste de México. *Journal International of Phytology* 83(4): 280-281.
- Instituto de Biología. "Havardia pallens (Benth.) Britton y Rose IBUNAM:MEXU:LEG1037551". UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2009-01-04. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2014-12-4. Disponible en: <http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:LEG1037551>
- Jiménez J., Alanís E., Ruiz J.L., González M.A., Yerena J.I., Alanís G.J. 2012. "Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el NE de México", *Ciencia UANL*, vol. 15, pp. 66-71.
- Mora, C.A., Alanís E., Jiménez J., González M.A., Yerena J.I. y Cuellar L.G. 2013. "Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México". *Ecología Aplicada*. 12(1): 29-34.
- Pausas, J.G. 2004. La recurrencia de incendios en el monte mediterráneo. En: Vallejo, V.R. y Alloza, J.A. *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*. Fundación CEAM. Edita: Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. 47-64.
- Pequeño, L.M.; Alanís E., Jiménez J., González M.A., Yerena I., Cuellar L.G. y Mora A. 2012. "Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México". *Ciencia UAT*. 24(2): 48-53.
- Weiguo, S., Sha C. y Guangqi L. 2008. Dynamics of leaf area index and canopy openness of three forest types in a warm temperate zone. *Frontiers of Forestry in China*. 3: 416-421.