



# Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México

## Structural characterization of the trees of a forest ejido of northwest Mexico

Gabriel Graciano-Ávila<sup>1</sup>, Eduardo Alanís-Rodríguez<sup>1</sup>, Óscar A. Aguirre-Calderón<sup>1</sup>, Marco A. González-Tagle<sup>1</sup>,  
Eduardo Javier Treviño-Garza<sup>1</sup> y Arturo Mora-Olivo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Tamaulipas. Instituto de Ecología Aplicada. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

\* Autor de correspondencia. gabrie.l@hotmail.com

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue caracterizar la composición y estructura de un ejido forestal en el estado de Durango. Para ello se establecieron 10 sitios de muestreo de 2500 m<sup>2</sup>, donde se realizó un censo de las especies arbóreas. A cada individuo se le hicieron mediciones de diámetro normal ( $d_{1,30}$ ), altura total (h), diámetro de copa ( $d_{\text{copa}}$ ) y se registró la especie a la que pertenecía. Para cada especie se obtuvo el índice de valor de importancia (IVI), índice de valor forestal (IVF) y se calculó el volumen. Además, se calcularon el índice de valor de importancia familiar (IVIF), índice diversidad de Shannon ( $H'$ ) y riqueza de Margalef ( $D_{\text{MG}}$ ). En total se registraron cinco familias, cinco géneros y 13 especies. Este bosque presenta una densidad de 787 ind ha<sup>-1</sup>, una dominancia (área basal) de 22,93 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y una cobertura de copa de 8838 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. *Pinus durangensis* presentó el mayor índice de valor de importancia con 35,69% de  $IVI_{\text{rel}}$  y mayor índice de valor forestal con 48,96%  $IVF_{\text{rel}}$ . Para el índice de Margalef se obtuvo un valor de  $D_{\text{MG}} = 1,58$ , lo cual indica una baja riqueza de especies. Con lo anterior se aportan elementos cuantitativos de la vegetación arbórea de un bosque heterogéneo de la Sierra Madre Occidental.

**PALABRAS CLAVE:** Durango, estrato arbóreo, índices de diversidad, *Pinus durangensis*, Sierra Madre Occidental, volumen.

### ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the composition and structure of a forest ejido in the state of Durango. To this end, 10 sampling sites of 2500 m<sup>2</sup> were established, within which a census was conducted of all tree species. On each individuals measurements of normal diameter ( $d_{1,30}$ ), total height (h), of crown diameter ( $d_{\text{copa}}$ ) were made and the species to which each individual belonged was recorded. For each species the index of value importance family (IVIF), index of value importance (IVI), index value forestry were obtained and the total volume calculated. The Shannon ( $H'$ ) and Margalef indices ( $D_{\text{MG}}$ ) were also calculated. In total 13 species, five genders and five families were recorded. This forest area had a density of 787 ind ha<sup>-1</sup>, a dominance (basal area) 22,93 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> and a crown cover of 8838 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. *Pinus durangensis* had the highest value of importance index with 35,69% of  $IVI_{\text{rel}}$  and the largest value forestry index with 48,96%  $IVF_{\text{rel}}$ . With all of the above, quantitative elements of the timberline in a heterogeneous forest of the Sierra Madre Occidental were provided.

**KEYWORDS:** Durango, arboreal layer, diversity indices, *Pinus durangensis*, Sierra Madre Occidental, volume.

### INTRODUCCIÓN

La caracterización de la estructura es importante para entender el funcionamiento de los ecosistemas forestales y ayuda a tomar decisiones informadas sobre el manejo adecuado de los bosques (Aguirre, Kramer y Jiménez, 1998;

Albert, 1999; Aguirre, Hui, Von Gadow y Jiménez, 2003; Corral, Aguirre, Jiménez y Corral, 2005; Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008). La estructura del estrato arbóreo es un buen indicador de la biodiversidad de un bosque y esta se puede modificar por medio de la silvicultura (Pretzsch,

1998; Del Río, Montes, Cañellas y Montero, 2003; Corral *et al.*, 2005; Solis *et al.*, 2006). La diversidad es un concepto que permite diferentes interpretaciones aunque, en general, este término se emplea como sinónimo de diversidad de especies (Gadow, Sánchez y Álvarez, 2007). Una mezcla definida de especies determina factores microambientales, como el régimen de luz (Canham, Finzi, Pacala y Burbank, 1994) y la composición de la materia orgánica (Ferrari, 1999), controlando así una gran variedad de procesos bióticos y abióticos (Emborg, 1998). Si bien el conocimiento de la estructura y diversidad de las especies arbóreas en bosques templados es importante para la gestión y conservación, en el Noroeste de México aún existen localidades donde no se han generado estudios específicos.

Gran parte del estado de Durango se ubica en la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental (SMO) la cual recorre el estado en dirección noroeste-sureste y representa el macizo montañoso de mayor longitud del territorio nacional (González-Elizondo *et al.*, 2013). Este sistema montañoso tiene un alto valor económico y ambiental, ya que abastece los mantos freáticos y presenta alta diversidad de especies y proporción de endemismos (Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango [SRNyMA], 2007). La SMO es considerada como un importante corredor biológico tanto para especies boreales como elementos tropicales de montaña, destacando en el primer caso las plantas leñosas y en el segundo, las herbáceas (Rzedowski, 1978; Bye, 2005), siendo en esta región donde se presenta la mayor diversidad de asociaciones de pinos, encinos y madroños a nivel mundial (González-Elizondo, González-Elizondo, Tena-Flores, Ruacho-González y López-Enríquez *et al.*, 2012).

La diversidad florística de la región se manifiesta en estudios como los de González (1983), González, González y Márquez (2007) y Valenzuela-Núñez y Granados-Sánchez (2009). En un trabajo realizado por Márquez, González y Álvarez (1999) se registraron 27 especies al estudiar los componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango. Diversos estudios señalan que las familias dominantes en los bosques de Durango

son Pinaceae y Fagaceae (González-Elizondo, González-Elizondo y Cortes-Ortiz, 1993, González *et al.*, 2007; Márquez-Linares y González-Elizondo 1998; Aragón-Piña, Garza-Herrera, González-Elizondo y Luna-Vega, 2010).

## OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la composición y estructura arbórea de un bosque templado en el estado de Durango.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el ejido La Campana, ubicado en el macizo montañoso denominado Sierra Madre Occidental al sudoeste del estado de Durango (noroeste de México), en el municipio de Pueblo Nuevo. Está enmarcado geográficamente entre los paralelos 23° 42' 34,48" y 23° 49' 28,18" de latitud Norte y los meridianos 105° 30' 11,83" y 105° 40' 6,56" de longitud Oeste (Fig. 1).

La altura sobre el nivel del mar varía entre 2400 m y 2600 m snm con un promedio ponderado de 2500 m de altura. Los tipos de suelo presentes son litosol, cambisol y regosol con textura predominantemente gruesa a media. El tipo de roca predominante es ígnea extrusiva ácida (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 1984). En esta zona prevalecen climas de tipo (A)C(W2), C(W2), C(E)(M) y C(E)(W2), la precipitación promedio anual es de 1200 mm y la temperatura es de 18 °C (Inegi, 2009). Los tipos de vegetación predominantes corresponden a formaciones naturales de bosques de pino y pino-encino.

En otoño de 2007 se establecieron 10 sitios permanentes de muestreo, cuadrangulares, de 2500 m<sup>2</sup> (50 m × 50 m) donde se obtuvieron los datos dasométricos del arbolado. La ubicación de los sitios se realizó a nivel de predio, a través de muestreo sistemático, sobreponiendo una malla de puntos equidistantes de distancia de cinco kilómetros. Las variables dasométricas medidas fueron diámetro normal (cm), altura total (m), diámetro de copa (m) y se registró la especie a la que pertenecía cada individuo de acuerdo con sus características y estructura (Gar-

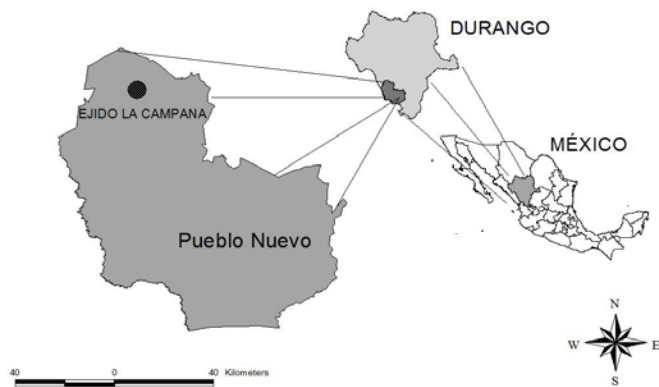


FIGURA 1. Localización del área de estudio.

cía y González, 1998). Estas mediciones se realizaron en los 10 sitios, a todos los árboles con diámetro normal ( $d_{1,30} \geq 7,5$  cm).

Se determinó la abundancia de cada especie, de acuerdo con el número de árboles; la dominancia, en función del área basal y la 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 (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Adicionalmente, se determinó la importancia ecológica en el nivel taxonómico de familia de acuerdo con el índice de importancia familiar (IVIF), el cual considera la abundancia, la dominancia y la frecuencia relativa de cada familia de plantas. Las variables relativizadas se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de familia de 0% a 100% (Whittaker, 1972; Mori, Boom, De Carvalho y Dos Santos, 1983; Moreno, 2001).

El índice de valor forestal (IVF) se estimó con el propósito de evaluar la estructura bidimensional de la vegetación arbórea considerando tres medidas: la primera al nivel del estrato inferior en el plano horizontal (diámetro a la altura del pecho), la segunda que incluye los estratos inferior y superior en el plano vertical (altura), y la tercera al nivel del estrato superior en el plano horizontal (cobertura) (Corella *et al.*, 2001).

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

Para cada una de las especies se determinó el volumen total árbol utilizando las ecuaciones de Shumacher y Hall sugeridas por Contreras y Návar, (1997), las cuales se utilizan para estimar el volumen de las principales especies de pino en la Sierra Madre Occidental. De esta forma a cada una de las especies se les aplicó la ecuación correspondiente.

## RESULTADOS

Se muestrearon un total de 1967 árboles con diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 7,5 cm, pertenecientes a 13 especies, distribuidas en cinco géneros y cinco familias de árboles (Tabla 1). La familia más representativa fue Pinaceae con cinco especies: *P. ayacahuite*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. teocote*; seguida de Ericaceae con cuatro especies. Juntas, estas dos familias incluyeron dos géneros y nueve especies, lo que constituye 64,29% de la composición arbórea registrada en los 10 sitios de muestreo.

La familia Pinaceae fue la más importante de acuerdo con los valores del índice de valor de importancia familiar (IVIF) dentro del área de estudio con 57,29% del total, pues presentó la mayor abundancia (73,87% del área total), mayor dominancia (70,96% del área total) y se presentó en todos los sitios de muestreo. Las familias Cupresaceae y Betulaceae fueron las que presentaron menos de 10% de IVIF (Tabla 2).

La comunidad vegetal del área de estudio presentó una densidad de 787 árboles por hectárea. La especie con mayor densidad fue *P. durangensis* con 364 árboles por hectárea, que representa un valor porcentual de 46,21%, proporción similar al 47,30% para *P. montezumae* encontrado por López-Hernández *et al.* (2017) en un bosque templado del estado de Puebla. *P. teocote* registró 109 árboles por hectárea, seguido de *Q. sideroxylla* con 80 árboles por hectárea y *P. ayacahuite* con 56 árboles por hectárea sumando 77,38%. La especie menos abundante fue *Arbutus arizonica* (1 árbol por hectárea) (Tabla 3).

TABLA 1. Nombre científico, nombre común y familia de las especies registradas en el área de estudio (ordenadas alfabéticamente por nombre científico).

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Familia</i>
<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	Aliso	Betulaceae
<i>Arbutus arizonica</i> (A.Gray) Sarg.	Madroño liso	Ericaceae
<i>Arbutus bicolor</i> S. González, M. González & P.D. Sørensen	Madroño	Ericaceae
<i>Arbutus tessellata</i> P.D Sørensen	Madroño pegajoso	Ericaceae
<i>Arbutus madrensis</i> S. González	Madroño roñoso	Ericaceae
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Táscate	Cupressaceae
<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltdl.	Pino cahuite	Pinaceae
<i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco	Pino chino	Pinaceae
<i>Pinus durangensis</i> Martínez	Ocote	Pinaceae
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino prieto	Pinaceae
<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	Pino colorado	Pinaceae
<i>Quercus rugosa</i> Née	Encino blanco	Fagaceae
<i>Quercus sideroxylla</i> Bonpl.	Encino colorado	Fagaceae

TABLA 2. Parámetros estructurales estimados para las familias registradas en el área de estudio.

<i>Familia</i>	<i>Abundancia</i>		<i>Dominancia</i>		<i>Frecuencia</i>		<i>IVIF</i>
	<i>Absoluta (N ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>Relativa (%)</i>	<i>Absoluta (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>Relativa (%)</i>	<i>Absoluta</i>	<i>Relativa (%)</i>	
Pinaceae	581,2	73,87	16,28	70,96	100	27,03	57,29
Fagaceae	89,2	11,34	4,74	20,67	100	27,03	19,68
Ericaceae	61,2	7,78	1,17	5,11	90	24,32	12,40
Cupressaceae	33,2	4,22	0,51	2,23	50	13,51	6,65
Betulaceae	22	2,80	0,24	1,03	30	8,11	3,98
<b>Total</b>	<b>787</b>	<b>100</b>	<b>22,93</b>	<b>100</b>	<b>370</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

IVIF = índice de valor de importancia familiar. Las familias están ordenadas en forma descendente según su IVIF.

El género *Pinus* presentó la mayor dominancia en comparación a los demás géneros. Las especies con mayor área basal fueron *P. durangensis* con 46,77%, *Q. sideroxylla* con 20%, *P. cooperi* con 8,27%, y *P. teocote* con 8%, sumando 83,04% del total. *P. leiophylla* presentó el valor más bajo de esta variable (0,26%) (Tabla 3).

El género *Pinus* se presentó en los 10 sitios de muestreo. A nivel especie, *P. durangensis*, *Q. sideroxylla* y *P.*

*teocote* se encontraron en todos los sitios con 14,08% de frecuencia relativa cada uno, seguidos de *P. cooperi* que se encontró en nueve sitios de muestreo (90% de frecuencia absoluta) representando 12,68% de frecuencia relativa (Tabla 3).

El **índice de valor de importancia** define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956). Las espe-



TABLA 3. Parámetros estructurales estimados para las especies registradas en el área de estudio.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Absoluta (N ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)	Absoluta (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Relativa(%)	Absoluta	Relativa (%)	
<i>Pinus durangensis</i>	364	46,21	10,73	46,774	100	14,08	35,69
<i>Quercus sideroxyla</i>	80	10,17	4,59	19,998	100	14,08	14,75
<i>Pinus teocote</i>	109	13,88	1,84	8,003	100	14,08	11,99
<i>Pinus cooperi</i>	49	6,25	1,90	8,268	90	12,68	9,07
<i>Pinus ayacahuite</i>	56	7,12	1,76	7,653	60	8,45	7,74
<i>Arbutus bicolor</i>	31	3,91	0,46	1,995	70	9,86	5,26
<i>Juniperus deppeana</i>	33	4,22	0,51	2,227	50	7,04	4,50
<i>Alnus jorullensis</i>	22	2,80	0,24	1,033	30	4,23	2,68
<i>Arbutus tessellata</i>	21	2,64	0,49	2,147	20	2,82	2,54
<i>Quercus rugosa</i>	9	1,17	0,15	0,672	30	4,23	2,02
<i>Pinus leiophylla</i>	3	0,41	0,06	0,266	30	4,23	1,63
<i>Arbutus madrensis</i>	9	1,12	0,13	0,579	20	2,82	1,50
<i>Arbutus arizonica</i>	1	0,10	0,09	0,384	10	1,41	0,63
<b>TOTAL</b>	<b>787</b>	<b>100</b>	<b>22,93</b>	<b>100</b>	<b>710</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

IVI = Índice de Valor de Importancia. Las especies están ordenadas en forma descendente según su IVI.

cies *P. durangensis* (35,69%), *Q. sideroxyla* (14,75%) y *P. teocote* (11,99%) fueron las especies más sobresalientes, al registrar los valores más altos sumando 62,43% del total de la comunidad. La especie más rara fue *A. arizonica*, presentando valores por debajo de uno por ciento (Tabla 3).

El IVF está conformado por los valores relativos del diámetro, altura y cobertura de las especies del área. El diámetro relativo mayor fue para *P. durangensis* con 47,55% seguido de *Q. sideroxyla* y *P. teocote* con 12,82% y 11,35% respectivamente. La mayor altura la presentó *P. durangensis* con 52,08% seguida de *P. teocote* con 12,83%. La cobertura de copa en el área fue de 8838,35 m<sup>2</sup> por hectárea, lo que indica que existe menos del 100% de la superficie cubierta por el dosel. *P. durangensis* y *Q. sideroxyla* fueron las especies con mayor cobertura al abarcar 5475,03 m<sup>2</sup> por hectárea, que equivale a 61,94% de la cobertura de copa de todas las especies en el área de estudio. La especie *P. durangensis* presentó el mayor IVF.

En relación al volumen, el área de estudio presentó 173,46 m<sup>3</sup> por hectárea. Las especies que resultaron con mayor volumen fueron las mismas que obtuvieron el mayor IVI e IVF. La especie *P. durangensis* fue la especie con mayor volumen (73 m<sup>3</sup> por hectárea) seguido de *Q. sideroxyla* (29,30 m<sup>3</sup> por hectárea) (Tabla 4).

La riqueza específica de la comunidad vegetal estudiada fue de 13 especies y presentó un índice de Margalef de  $D_{Mg}=1,58$ . En relación al valor de diversidad de especies, el valor del índice de Shannon fue de  $H'=1,81$ .

## DISCUSIÓN

La Sierra Madre Occidental es el más largo y continuo de los sistemas montañosos de México, presenta alrededor de nueve tipos de vegetación y diversas comunidades vegetales. Alberga 46% de las especies de pinos de México, 34% de los encinos y 100% de los madroños. A pesar de su importancia ambiental, económica y científica, la SMO es todavía una de las regiones menos conocidas biológica

TABLA 4. Valores de diámetro, altura, cobertura, índice de valor forestal (IVF) y volumen para las especies vegetales presentes en el área de estudio. Las especies están ordenadas en forma descendente según su IVF.

Especie	Diámetro		Altura		Cobertura		IVF	Volumen
	cm	%	m	%	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	%		
<i>Pinus durangensis</i>	6153,68	47,55	4505,74	52,08	4177,19	47,26	48,96	73,85
<i>Quercus sideroxyla</i>	1659,16	12,82	797,2	9,21	1297,84	14,68	12,24	29,3
<i>Pinus teocote</i>	1468,44	11,35	1109,72	12,83	845,91	9,57	11,25	9,7
<i>Pinus ayacahuite</i>	990,6	7,65	665,62	7,69	825,31	9,34	8,23	10,98
<i>Pinus cooperi</i>	994,8	7,69	702,28	8,12	751,28	8,5	8,10	3,79
<i>Juniperus deppeana</i>	430,56	3,33	245,72	2,84	229,87	2,6	2,92	5,74
<i>Arbutus bicolor</i>	386,08	2,98	183,84	2,12	247,32	2,8	2,64	1,36
<i>Arbutus tessellata</i>	301,32	2,33	133,44	1,54	163,03	1,84	1,91	1,67
<i>Alnus jorullensis</i>	249,88	1,93	144,76	1,67	115,22	1,3	1,64	0,71
<i>Quercus rugosa</i>	123,92	0,96	74,32	0,86	63,64	0,72	0,85	1,12
<i>Arbutus madrensis</i>	114,4	0,88	52,64	0,61	69,33	0,78	0,76	0,37
<i>Pinus leiophylla</i>	44,2	0,34	29	0,34	28,23	0,32	0,33	0,34
<i>Arbutus arizonica</i>	24,8	0,19	7,84	0,09	24,16	0,27	0,19	0,44
<b>TOTAL</b>	<b>12941,84</b>	<b>100</b>	<b>8652,12</b>	<b>100</b>	<b>8838,35</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>139,36</b>

y ecológicamente en México, por lo que diversas comunidades requieren ser estudiadas de manera puntual (González-Elizondo *et al.*, 2012).

El área de estudio corresponde a una asociación de bosque de *Pinus durangensis-Quercus sideroxyla-Pinus teocote*. De León-Mata, García, Andrade y Ruiz (2013) mencionan que estos bosques son localizados en altitudes de 2540 m a 2560 m snm en cordones montañosos, laderas de diferente exposición y pendiente, y cañadas, en suelos arcillosos y profundos con abundante materia orgánica.

De acuerdo con los resultados obtenidos el área evaluada corresponde a un ecosistema de estructura heterogénea donde existe una alta abundancia y una baja frecuencia de especies; López-Hernández *et al.* (2017) mencionan que estas son características de especies con tendencia a la conglomeración local de manchones y pequeños grupos bastante distantes unos de otros.

La familia ecológicamente más importante en el bosque estudiado es Pinaceae. Este resultado coincide con

diversos autores que señalan que en la Sierra Madre Occidental del estado de Durango la familia Pinaceae es la más importante (González *et al.*, 1993; Márquez-Linares y González-Elizondo, 1998; Aragón *et al.*, 2010). De esta forma, el género *Pinus* se posiciona como el género con mayor número de especies presentes en el área de estudio, y posee 10% de las especies identificadas en México (52 especies de acuerdo con García y González [1998]). Esta proporción es inferior a lo registrado por Márquez *et al.* (1999), quienes registraron ocho especies del género *Pinus* al evaluar los componentes de la diversidad arbórea en bosques de Durango, pero similar a la encontrada por Hernández-Salas *et al.* (2013) en una región del ejido El Largo, Chihuahua, donde registraron cinco especies de pino.

La especie *P. durangensis* es la más importante económicamente dentro del predio estudiado junto con *Q. sideroxyla* y *P. teocote*. Esta especie fue la más abundante en este estudio y ha sido registrada en diversos estudios como



la especie más abundante en los bosques templados de Durango (Valenzuela-Núñez y Granados-Sánchez, 2009). La importancia de *P. durangensis* es sobresaliente, pues se distribuye en 80% de la superficie arbolada y genera un volumen aprovechable anual del orden de los 190 000 m<sup>3</sup> en el sur de chihuahua (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2005). *P. durangensis*, *Q. sideroxyla* y *P. teocote* fueron las especies que se registraron en todos los sitios de muestreo. Estas especies muestran una estrecha relación ya que se encuentran asociadas entre sí (González, 1998; Márquez *et al.*, 1999) y han sido documentadas como unas de las más frecuentes en la Sierra Madre Occidental (Silva-Flores, Pérez-Verdín y Wehenkel, 2014). La distribución y abundancia de estas especies puede estar relacionada con la fisiografía dominante en esta zona, así como con la precipitación media anual (1200 mm) y la aplicación de los tratamientos silvícolas que favorecen a las especies comerciales más importantes.

De acuerdo con el área basal (22,23 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), el área de estudio presenta un valor bajo, ya que Aguirre-Calderón, Jiménez-Pérez, Kramer y Akça (2003), encontraron 32 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> para la parcela *Coa* y más de 50 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> en las parcelas *Chichimoco* y *Fabián* (muy densas) en un valle alto protegido conocido como Santa Bárbara, en Durango. Esta variación en áreas basales dentro de los mismos bosques se debe a los diferentes tipos de intervenciones silvícolas que se aplican en la región.

El índice de valor de importancia permitió determinar el peso ecológico de las especies presentes en el área de estudio. *P. durangensis* fue la especie ecológicamente más importante. Esta misma especie ha sido señalada como la especie con el mayor valor ecológico en un bosque templado de Chihuahua (Hernández *et al.*, 2013). González-Elizondo *et al.* (2012), estudiaron la vegetación de la Sierra Madre Occidental y señalan que en áreas de mayor humedad ambiental *P. durangensis* es más dominante.

Los resultados del índice de valor forestal son similares a los del índice de valor de importancia, destacando *P. durangensis* y *Q. sideroxyla*, lo que confirma la importancia estructural de estas especies. Maldonado y Nívar (2002) encontraron que *P. durangensis* presentó el mayor

diámetro, altura y cobertura al ajustar y predecir la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de plantaciones de pino de Durango, México. Como era de esperarse las especies con mayor *IVI* e *IVF* fueron las que resultaron tener la mayor cantidad de volumen, ya que presentan los mayores diámetros y alturas.

El índice de Shannon obtenido ( $H' = 1,81$ ), muestra un valor bajo de diversidad, ya que de acuerdo con Margalef (1972), este índice normalmente varía de 1 y 5, interpretando valores menores que 2 como diversidad baja. Sin embargo, esta área de estudio tiene mayor diversidad específica que otras zonas dentro de la SMO. Delgado, Heynes, Mares, Piedra y Ruacho (2016) publicaron valores de  $H' = 0,77$  a  $H' = 1,58$  en Coscomate, Pueblo Nuevo, Durango. Nívar-Cháidez y González-Elizondo (2009), registraron valores de  $H' = 0,53$  a  $H' = 1,33$  para el rodal Cielito Azul, en San Dimas, Durango. De manera similar, Solís *et al.* (2006), registraron valores de  $H' = 1,21$  y  $H' = 0,72$  al evaluar el efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango.

El valor del índice de Margalef registrado en este estudio ( $D_{Mg} = 1,53$ ) es superior al hayado por Nívar-Cháidez y González-Elizondo (2009), quienes registraron un valor de  $D_{Mg} = 1,04$  en un bosque templado de Durango. También es superior ( $D_{Mg} = 0,90$ ) al encontrado por Hernández *et al.* (2009;  $D_{Mg} = 0,90$ ) en un bosque templado de Chihuahua. De León-Mata *et al.* (2013) estudiaron la distribución de la vegetación a través de un transecto sobre la Sierra Madre Occidental de Durango y encontraron que el índice referente a riqueza específica de Margalef aumenta a los 2450 m snm, justo donde se presenta la zona de transición de los elementos vegetales con afinidad a ecosistemas templado húmedo y templado seco.

La alta diversidad registrada en el predio se debe en gran medida a la variedad de climas existentes, en las que las temperaturas son menos extremas y se recibe una mayor humedad proveniente del pacífico (Delgado *et al.*, 2016).

## CONCLUSIONES

El bosque estudiado (vegetación arbórea) presenta una baja riqueza específica y diversidad de especies; sin

embargo, al compararla con otros estudios realizados en bosques de la Sierra Madre Occidental, se puede decir que el área estudiada presenta mayor diversidad. La familia más representativa fue Pinaceae con cinco especies, seguida de la familia Ericaceae con cuatro especies. Las especies con mayor índice de valor de importancia e índice forestal fueron *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxyla*, ambas presentaron altos valores de cobertura aérea, diámetro, altura y volumen. Los valores obtenidos de los índices utilizados indican tendencia a la heterogeneidad del ecosistema. Los resultados obtenidos en el presente trabajo, pueden ser utilizados como base en el desarrollo de planes de investigación, conservación, manejo y uso sustentable de los recursos forestales.

## REFERENCIAS

- Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Kramer, H. y Akça, A. (2003). Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL*, 6(2), 219-225.
- Aguirre, O. A., Hui, G., Von Gadow, K. y Jiménez, J. (2003). An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management*, 183(1), 137-145. doi: 10.1016/S0378-1127(03)00102-6
- Aguirre, O. A., Kramer, H. y Jiménez, J. (1998). Strukturuntersuchungen in einem kiefern-durchforstungsversuch nord-mexikos. *Allgemeine Forst- Und Jagdzeitung*, 169, 213-219.
- Albert, M. (1999). *Analyse der eingriffsbedingten strukturveränderung und durchforstungsmodellierung in mischbeständen* (Vol. 6). Gotingan, Alemania: Hainholz Verlag.
- Aragón-Piña, E. E., Garza-Herrera, A., González-Elizondo, M. S. y Luna-Vega, I. (2010). Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(3), 771-787.
- García A., A. y González E., M. S. (1998). *Pináceas de Durango*. Instituto de Ecología.
- Maldonado A., D. y Nívar C., J. (2002). Ajuste y predicción de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de plantaciones de pino de Durango, México. *Madera y Bosques*, 8(1), 61-72. doi: 10.21829/myb.2002.811306
- Bye, R. (2005). Prominence of the Sierra Madre Occidental in the biological diversity of Mexico. En L. F. DeBano, A. Ffolliott, G. J. Ortega Rubio, R. H. Gottfried y C. B. Hamre (Eds.), *Biodiversity and management of the Madrean archipelago: The sky islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico* (pp. 19-27). Tucson, AZ.: United States Department of Agriculture Forest Service, General Technical Report RM. doi: 10.2737/RM-GTR-264
- Canham, C. D., Finzi, A. C., Pacala, S. W. y Burbank, D. H. (1994). Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 24(2), 337-349.
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Musalem-Santiago, M. y López-Aguillón, R. (2008). Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14(2), 51-63.
- Contreras A., C. y Nívar C., J. (1997). Ecuaciones de volumen para estimar volúmenes rollo total árbol, fustal, fuste y tocón y fuste y ramas de *Pinus durangensis* y *Pinus teocote* del ejido Vencedores, Dgo. México. Documento presentado en el Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Linares, Nuevo León, México.
- Corella, F., Valdez, J. I., Cetina, V. M., González, F. V., Trinidad, A. y Aguirre, J. R. (2001). Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México*, 26(90), 73-102.
- 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.
- Cottam, G. y Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, 451-460.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I. y Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas





- forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 12(1), 159-176.
- Delgado, Z. D., Heynes, S. S., Mares, Q., Piedra, L. y Ruacho, G. L. (2016). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 94-107.
- Gonzalez-Elizondo, S., Gonzalez-Elizondo, M. y Cortes-Ortiz, A. (1993). Vegetación de la reserva de la biosfera "La Michilia", Durango, México. *Acta Botanica Mexicana*, 22, 1-104.
- Emborg, J. (1998). Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 106(2), 83-95.
- Ferrari, J. B. (1999). Fine-scale patterns of leaf litterfall and nitrogen cycling in an old-growth forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(3), 291-302.
- Gadow, K. V., Sánchez, O. S. y Álvarez, J. G. (2007). *Estructura y Crecimiento del Bosque*. Göttingen, Alemania: Universidad de Göttingen.
- García A., A. y González E., M. (1998). *Pináceas de Durango*. Durango, México: CIIDIR-IPN, Instituto de Ecología A. C., SIVILLA y Gobierno del Estado de Durango.
- González E., S. (1983). *La vegetación de Durango*. Durango, México: Instituto Politécnico Nacional.
- González E., M. S., González E., M. y Márquez L., M. A. (2007). *Vegetación y ecorregiones de Durango*. México, D. F.: Instituto Politécnico Nacional.
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., Ruacho-González, L., López-Enríquez, I. L., Retana-Rentería, F. I. y Tena-Flores, J. A. (2013). Ecosystems and diversity of the Sierra Madre Occidental. En G. J. Gottfried, P. F. Ffolliott, B. S. Gebow, y L. G. Eskew, (Comps). *Merging science and management in a rapidly changing world: biodiversity and management of the Madrean Archipelago III. Proceedings RMRS-P-67*. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., Tena-Flores, J. A., Ruacho-González, L. y López-Enríquez, I. L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botanica Mexicana*, 100, 351-403.
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A. y Domínguez-Pereda, A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(2), 189-200.
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-González, J. C., González-Tagle, M. A. y Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39-51. doi: 10.21829/myb.2017.2311518
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (1984). *Carta topográfica. Escala 1:50,000 F13-A18*. El Salto, Durango, México: Inegi.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009). *Cartas temáticas del estado de Durango*. Aguascalientes, Aguascalientes, México: Inegi.
- Márquez L., M., González E., S. y Álvarez Z., R. (1999). Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango, Méx. *Madera y Bosques*, 5(2), 67-78. doi: 10.21829/myb.1999.521348
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, UK: Blackwell Science.
- Margalef, R. (1972). Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity. *Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 44, 211-235.
- Márquez-Linares, M. A. y González-Elizondo, M. S. (1998). Composición y estructura del estrato arbóreo de un bosque de pino encino en Durango, México. *Agrociencia*, 32(4), 413-419.
- De León-Mata, G. D., García A., A., Andrade H., S. y Ruiz M., A. (2013). Distribución de la vegetación a través de un transecto sobre la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1), 30-40.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis SEA.

- Solís, M. R., Aguirre, O. A., Treviño, E. J., Jiménez, J., Jurado, E. y Corral-Rivas J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49-64. doi: 10.21829/myb.2006.1221242
- Mori, S. A., Boom, B. M., De Carvalho, A. M. y Dos Santos, T. S. (1983). Ecological importance of Myrtaceae in an eastern Brazilian wet forest. *Biotropica*, 15, 68-70.
- Müeller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. Nueva York, EUA: John Wiley and Sons.
- Návar-Cháidez, J. J. y González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 27, 71-87.
- Pretzsch, H. (1998). Structural diversity as a result of silvicultural operations. *Lesnictví-Forestry*, 44(10), 429-439.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México, D.F.: Ed. Limusa.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2005). *Control técnico de aprovechamientos*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/64973/Informe\\_Chihuahua\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/64973/Informe_Chihuahua_2015.pdf)
- Shannon, C. E. (1948). *The mathematical theory of communication*. Champaign, IL: University of Illinois Press.
- Silva-Flores, R., Pérez-Verdín, G. y Wehenkel, C. (2014). Patterns of tree species diversity in relation to climatic factors on the Sierra Madre Occidental, Mexico. *PLoS one*, 9(8), e105034. doi: 10.1371/journal.pone.0105034
- Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (2007). *Programa Estratégico Forestal 2030*, Durango, Dgo.: Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango.
- Valenzuela-Núñez, L. M. y Granados-Sánchez, D. (2009). Caracterización fisonómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(1), 29-41.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21:213-251.

Manuscrito recibido el 15 de diciembre de 2016.

Aceptado el 29 de abril de 2017.

Este documento se debe citar como:

Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J. y Mora-Olivo, A. (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 137-146. doi: 10.21829/myb.2017.2331480