



Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN A TEMPERATE FOREST OF NORTHWESTERN MEXICO

Silva-García, J.E.; O.A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, E. Jurado-Ybarra, J. Jiménez-Pérez y B. Vargas-Larreta.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL NOROESTE DE MÉXICO.

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN A TEMPERATE FOREST OF NORTHWESTERN MEXICO.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN A TEMPERATE FOREST OF NORTHWESTERN MEXICO

Silva-García, J.E.;
O.A. Aguirre-Calderón,
E. Alanís-Rodríguez,
E. Jurado-Ybarra,
J. Jiménez-Pérez
y B. Vargas-Larreta

ESTRUCTURA Y
DIVERSIDAD DE ESPECIES
ARBÓREAS EN UN BOSQUE
TEMPLADO DEL
NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE AND
DIVERSITY OF TREE
SPECIES IN A TEMPERATE
FOREST OF
NORTHWESTERN MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 89-102. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.7

J.E. Silva García / je_silvag@hotmail.com /

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4919-1680>

O.A. Aguirre Calderón / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5668-8869>

E. Alanís Rodríguez / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6294-4275>

E. Jurado Ybarra / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4043-5549>

J. Jiménez Pérez / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8020-4342>

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León
Carretera nacional Km 85 CP 67700, Ciudad de Linares, Nuevo León, México

B. Vargas Larreta / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1176-7330>

Instituto Tecnológico de El Salto
Calle Tecnológico 101 Col. La Forestal CP 34942 El Salto, P.N., Durango, México

RESUMEN: El objetivo del estudio fue evaluar la estructura, diversidad de una comunidad vegetal en un bosque templado de Durango. La información dasométrica se obtuvo de 55 sitios de muestreo (1000 m²) considerando: Diámetro normal (Dn), Altura total (H) y registró de cada individuo. Para cada especie se evaluó abundancia, frecuencia y dominancia a través del área basal; se calculó, además, el IVI e IVF por familia y especie. La riqueza específica y diversidad de especies se estimaron mediante el índice de Margalef (D_{mg}) y el índice de Diversidad Verdadera de Shannon (1D). Se utilizó el índice de Pretzsch (1998), ubicando tres estratos de altura (I, II, III). Los resultados arrojaron una riqueza específica de 29 especies y densidad de 299 N ha⁻¹ en el área evaluada. Las familias Pináceae y Fagáceae presentaron los valores más altos de índice de valor de importancia familiar (IVIF) e índice de valor forestal (IVF). Las especies más dominantes fueron; *P. durangensis*, *P. douglasiana*, *P. oocarpa*, *P. herrerae* y *Q. crassifolia*. El valor de A_{rel} fue de 77.92%, lo que indica que la comunidad vegetal es multicohortal, ya que por lo menos existen dos estratos bien conformados con una alta cantidad de especies presentes.

Palabras clave: Diversidad verdadera, Distribución vertical, Densidad, Riqueza, IVF.

ABSTRACT: The objective of the study was to evaluate the structure and diversity of tree species in a temperate forest of Durango. The dasometric information was obtained from 55 sampling sites (1000 m²) considering: Normal diameter (Dn), Total height (H) and record of everyone. For each species abundance, frequency and dominance were evaluated through the basal area; In addition, IVI and IVF were calculated by family and species. The specific richness and diversity of species were estimated using the Margalef index (D_{mg}) and the Shannon True Diversity index (1D). The Pretzsch (1998) index was used, locating three height strata (I, II, III). The results showed a specific richness of 29 species and a density of 299 Na ha⁻¹ in the evaluated area. Stratum I showed the lowest density and richness of species with a total of 16 species and 8 Na ha⁻¹, while stratum III obtained the highest values with 29 species and 230 N ha⁻¹, the most dominant species were *P. durangensis*, *P. douglasiana*, *P. oocarpa*, *P. herrerae* and *Q. crassifolia*.

Keywords: True diversity, Vertical distribution, Density, Wealth, IVF.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con una superficie arbolada de aproximadamente 65 millones de hectáreas incluyendo diferentes tipos de vegetación en diferentes ecosistemas, entre las cuales el 52% pertenece a bosques templados (CONAFOR, 2012). Entre los principales géneros que se distribuyen en este tipo de comunidad vegetal se encuentran *Pinus*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Cupressus*, *Juniperus*, y *Quercus* y en ocasiones forman comunidades mixtas en distintas proporciones (Challenger & Soberón, 2008).

La evaluación de la estructura y composición de los bosques ha sido tema de interés para los responsables de su manejo, quienes tienen que tomar en cuenta las condiciones actuales de las masas para realizar actividades de manejo para mantenerlas o mejorarlas (Aguirre *et al.*, 2003). Para ello se requiere de información precisa en distintos componentes ecológicos, entre las que destacan la riqueza, abundancia, frecuencia, dominancia y diversidad ecológica de especies o familias (Méndez-Toribio *et al.*, 2014; Graciano-Ávila *et al.*, 2017).

La importancia de caracterizar la estructura del estrato arbóreo se centra en conocer la diversidad de un bosque y conocer su comportamiento ante disturbios naturales o antropogénicas (Pretzsch, 1998; Corral *et al.*, 2005; Solís *et al.*, 2006; Hernández-Salas *et al.*, 2018).

El conocimiento de las estructuras vertical y horizontal de los bosques es esencial para desarrollar mejores prácticas de manejo forestal y coadyuvar en la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas (Aguirre-Calderón, 2015). Acorde con lo anterior, el análisis de la estructura, composición y distribución espacial de las comunidades arbóreas ha tenido gran interés entre los manejadores y científicos en estas áreas, ya que suele ser el punto clave para desarrollar mejores estrategias de manejo en los programas de conservación y restauración ecológica (Gadow *et al.*, 2012, Ni *et al.*, 2014).

En el Noroeste de México se han realizado diferentes estudios que evalúan la composición y estructura de comunidades vegetales, pero son escasos para la superficie que ocupa esta cadena montañosa y éstos se han realizado en localidades puntuales (Aguirre *et al.*, 2003; Solís *et al.*, 2006; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; Hernández-Salas *et al.*, 2018). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue caracterizar la estructura y evaluar la diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Estado de Durango, México.

MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el macizo montañoso denominado Sierra Madre Occidental (SMO) en el municipio de Pueblo Nuevo, al sur del Estado de Durango. Se encuentra ubicado geográficamente entre las coordenadas 23° 24' 0.55" N y 105° 29' 19.68" W (Fig. 1).

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1988); los tipos de clima predominantes en el área son: templado subhúmedo, semifrío subhúmedo, seco templado; en los tipos de clima presentes dentro del área la temperatura varía entre -3° a 18 °C con lluvias en verano y sequías en invierno y una precipitación promedio de 1200 mm (González *et al.*, 2012). La vegetación característica se conforma de bosques de pino y encino, así como de mezclas entre los mismos con dominancias de acuerdo con el área (Acevedo-Benítez *et al.*, 2018). El sistema de topoformas corresponde principalmente a sierra alta con cañadas, superficie de gran meseta con cañadas y Cañón típico.

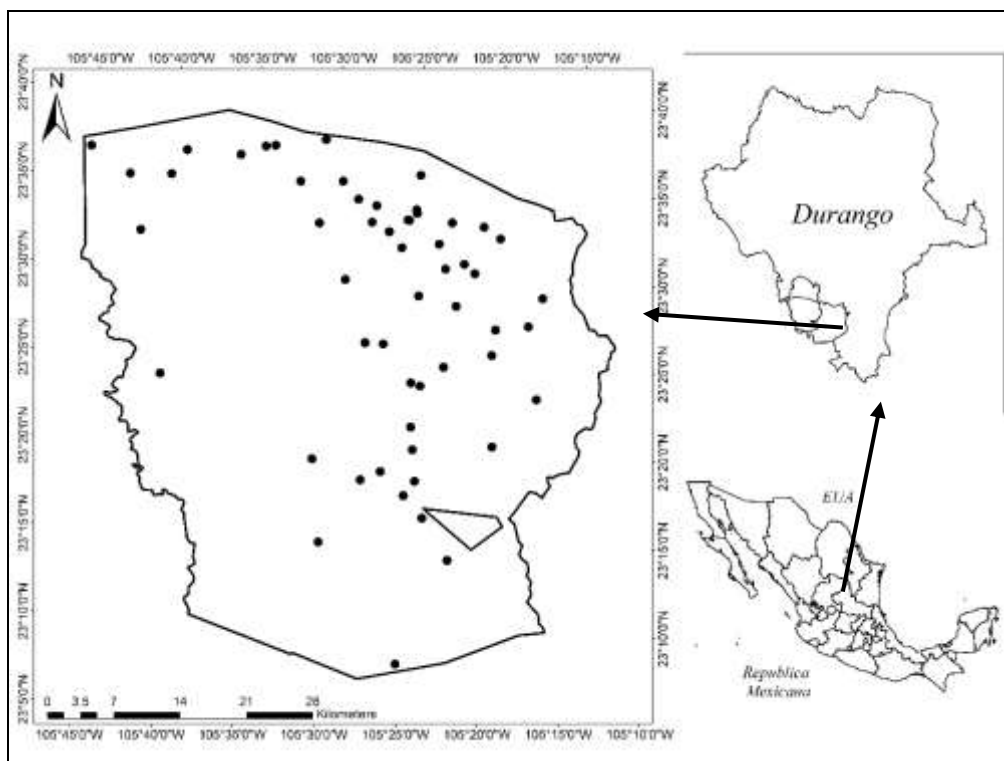


Fig. 1. Ubicación de los sitios de muestreo en el área de estudio.

Obtención y análisis de información

Se establecieron 55 sitios de muestreo circulares (1000 m^2) distribuidos aleatoriamente en un rango de elevación que osciló de 1829 a 2875 msnm; la información dasométrica colectada fue: diámetro normal ($D_n > 7.5 \text{ cm}$), altura total ($H \text{ m}$) y el registro de las especies arbóreas.

Se calculó el Índice de Valor de Importancia Ecológica (*IVI*), el cual obtiene valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020) determinando el grado de presencia de cada especie en un área determinada, a partir de la sumatoria de los parámetros estructurales: Abundancia, Frecuencia y Dominancia relativas (Whittaker, 1972; Moreno, 2001). El cálculo de cada uno de los parámetros se realizó con las ecuaciones siguientes:

Tabla 1. Ecuaciones de parámetros estructurales e índices de diversidad.

Abundancia	$A_i = N_i / S$ $AR_i = \left[A_i / \sum_{i=1}^n A_i \right] * 100$	donde: A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i , con respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y S la superficie de muestreo (ha).
Frecuencia	$F_i = P_i / NS$ $FR_i = \left[F_i / \sum_{i=1}^n F_i \right] * 100$	donde: F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i , con respecto a la frecuencia total, P_i es el número de sitios en la que la especie se encuentra presente i , y NS el número total de sitios de muestreo.
Dominancia	$D_i = A_b / S$ $DR_i = \left[D_i / \sum_{i=1}^n D_i \right] * 100$	donde: D_i es la dominancia absoluta, DR_i es la dominancia relativa de la especie i , con respecto a la dominancia total, A_b el área basal de la especie i , y S la superficie (ha).
IVI	$IVI = \frac{(AR_i + FR_i + DR_i)}{3}$	
Índice de Margalef	$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$	donde: S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos y ni es el número de individuos de la especie i .
Índice de diversidad verdadera de Shannon	$H = - \sum_{i=1}^s P_i * \ln(P_i)$ $P_i = n_i / N$ $^1D = exp(H)$	donde: p_i =abundancia proporcional de la i -ésima especie.

El cálculo del Índice de Valor Forestal (IVF) se estimó con el propósito de evaluar la estructura bidimensional de la vegetación arbórea considerando tres medidas: al nivel del estrato inferior en el plano horizontal (Diámetro normal D_n), segunda en estratos inferior y superior en el plano vertical (altura H), y la tercera al nivel del estrato superior en el plano horizontal (cobertura, Área basal) (Corella *et al.*, 2001).

$$IVF = \frac{(D_n + H + Dom)}{3}$$

Para la caracterización de la estructura vertical de la comunidad arbórea se utilizó el índice de distribución vertical de especies (A) (Del Río *et al.* 2003; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020). Del índice A se derivan el A_{max} , que corresponde al valor máximo de A , dado por el número de especies y zonas de altura; y el A_{rel} , que es la estandarización en porcentaje del índice A . Se definieron tres estratos de altura, de la siguiente manera: estrato I 80%-100% de la altura máxima de la comunidad arbórea (del individuo más alto), estrato II: 50%-80% y estrato III de 0 a 50%. El índice se estimó con la siguiente fórmula:

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

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

Dónde: 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 $p_{ij} = n_{ij} / N$; donde n_{ij} = número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j) y N= número total de individuos. El valor de A se estandariza de la siguiente forma:

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

RESULTADOS

En el área analizada se identificaron 29 especies, distribuidas en 5 familias. Fagaceae obtuvo el mayor porcentaje (51.72%), seguido de Pinaceae (37.93%). Cupressaceae, Betulaceae y Ericaceae registraron únicamente una especie cada uno (Tabla 1).

Tabla 1. Nombre científico, nombre común y familia de las especies (ordenadas alfabéticamente).

Nombre científico	Nombre común	Familia
(1) <i>Alnus acuminata</i> kunth	Aliso	Butelaceae
(2) <i>Arbutus xalapensis</i> kunth	Madroño	Ericaceae
(3) <i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Tascate	Cupressaceae
(4) <i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	Pino chino	Pinaceae
(5) <i>Pinus douglasiana</i> Martinez	Pino avellano	Pinaceae
(6) <i>Pinus durangensis</i> Martinez	Pino alazán	Pinaceae
(7) <i>Pinus herrerae</i> Martinez	Pino llanero	Pinaceae
(8) <i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino prieto	Pinaceae
(9) <i>Pinus lumholtzii</i> B.L.Rob. & Fernald	Pino triste	Pinaceae
(10) <i>Pinus maximinoi</i> (H.E.Moore) Silba	Pino ocote	Pinaceae
(11) <i>Pinus michoacana</i> Lindl.	Pino michoacano	Pinaceae
(12) <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	Pino amarillo	Pinaceae
(13) <i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	Pino cahuite	Pinaceae
(14) <i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	Pino rosillo	Pinaceae
(15) <i>Quercus castanea</i> Née.	Encino amarillo	Fagaceae
(16) <i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	Encino blanco	Fagaceae
(17) <i>Quercus depressipes</i> Trel.	Encino triste	Fagaceae
(18) <i>Quercus durifolia</i> Seemen ex Loes.	Encino laurelillo	Fagaceae
(19) <i>Quercus eduardii</i> Trel.	Encino blanco	Fagaceae
(20) <i>Quercus emoryi</i> Torr.	Encino duraznillo	Fagaceae
(21) <i>Quercus fulva</i> Trel.	Encino roble	Fagaceae
(22) <i>Quercus gentryi</i> C.H.Mull.	Encino colorado	Fagaceae
(23) <i>Quercus laeta</i> Liebm.	Palo chino	Fagaceae
(24) <i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	Encino chino	Fagaceae
(25) <i>Quercus resinosa</i> Liebm.	Roble blanco	Fagaceae
(26) <i>Quercus rugosa</i> Née.	Encino negro	Fagaceae
(27) <i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	Encino colorado	Fagaceae
(28) <i>Quercus urbanii</i> Trel.	Encino cucharo	Fagaceae
(29) <i>Quercus viminea</i> Trel.	Encino sauce	Fagaceae

La familia Pinaceae presentó el valor más alto de acuerdo con el IVIF), obteniendo los mayores valores de abundancia, frecuencia y dominancia. La familia Betulaceae mostró los resultados más bajos con 1.09% de IVIF (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros estructurales estimados por familia (ordenada de acuerdo con el mayor valor porcentual).

Familia	Densidad		Frecuencia		Dominancia		IVIF
	<i>Absoluta</i> ($N\ ha^{-1}$)	<i>Relativa</i> (%)	<i>Absoluta</i>	<i>Relativa</i> (%)	<i>Absoluta</i> ($m^2\ ha^{-1}$)	<i>Relativa</i> (%)	
Pinaceae	168	56	55	35.71	7.55	58.57	50.16
Fagaceae	105	35	55	35.71	4.4	34.13	34.99
Cupressaceae	3	1	8	5.19	0.16	1.24	2.48
Ericaceae	22	7	34	22.08	0.77	5.97	11.80
Butelaceae	1	0	2	1.30	0.01	0.08	0.57
Total	299	100	154	100	12.88	100	100

IVIF= Índice de valor de importancia familiar.

Pinus presentó las densidades más altas en comparación con los demás géneros, con un total de $168\ N\ ha^{-1}$, lo cual representa 56% del total. La especie con mayor densidad fue *P. durangensis* con valor de $40\ N\ ha^{-1}$ que representan el 13%.

Los géneros *Pinus* y *Quercus* estuvieron presentes en la totalidad de los sitios de muestreo, *A. xalapensis* y *P. douglasiana* los más frecuentes con 13.93% y 8.61%. La familia Betulaceae representada por *A. acuminata* tuvo frecuencia baja en comparación con las demás, con un valor de 0.82%. *Quercus? gentryi* y *Q. depressipes* fueron las especies menos frecuentes con los valores más bajos (Tabla 3).

La dominancia de los géneros *Pinus* y *Quercus* se destacó considerablemente del resto de los generos registrados, lo que denota una diferencia con los resultados obtenidos a través del área basal en cada especie. Los mayores valores registrados corresponden a *P. durangensis* y *P. herrerae* y entre ambas especies suman el 23.83% del área basal total. Los valores más bajos se observaron en *Q. depressipes* y *P. maximinoi* con 0.21% ($0.03\ m^2\ ha^{-1}$) (Tabla 3).

Índice de Valor de Importancia (IVI)

Con respecto al IVI el género *Pinus* obtuvo 53.44% del IVI, siendo la especie con mayor valor de importancia: *P. durangensis* con 11%; seguidos de *A. xalapensis* con 9.12%. La especie que obtuvo el menor valor de importancia ecológica fue *Q. gentryi* con 0.20% (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros estructurales estimados para cada especie en el área de estudio (Ordenadas de mayor a menor % de IVI).

Especie	Densidad		Frecuencia		Dominancia		IVI
	<i>Absoluta</i> (N ha ⁻¹)	<i>Relativa</i> (%)	<i>Absoluta</i>	<i>Relativa</i> (%)	<i>Absoluta</i> (m ² ha ⁻¹)	<i>Relativa</i> (%)	
<i>P. durangensis</i>	40	13	12	4.92	1.91	14.82	11.00
<i>A. xalapensis</i>	22	7	34	13.93	0.77	5.96	9.12
<i>P. herrerae</i>	23	8	20	8.20	1.16	9.01	8.27
<i>P. douglasiana</i>	22	7	21	8.61	1.10	8.57	8.22
<i>P. oocarpa</i>	24	8	16	6.56	0.92	7.11	7.21
<i>Q. crassifolia</i>	21	7	17	6.97	0.81	6.28	6.75
<i>P. lumholtzii</i>	22	7	15	6.15	0.65	5.08	6.15
<i>P. cooperi</i>	21	7	9	3.69	0.99	7.68	6.12
<i>Q. sideroxyla</i>	16	5	10	4.10	0.60	4.65	4.66
<i>Q. obtusata</i>	13	4	9	3.69	0.53	4.11	4.08
<i>Q. viminea</i>	7	2	13	5.33	0.42	3.25	3.65
<i>Q. urbanii</i>	13	4	7	2.87	0.40	3.09	3.46
<i>Q. durifolia</i>	7	2	8	3.28	0.35	2.71	2.77
<i>P. strobiformis</i>	7	2	8	3.28	0.30	2.36	2.63
<i>Q. fulva</i>	8	3	6	2.46	0.35	2.69	2.61
<i>P. michoacana</i>	5	2	6	2.46	0.31	2.38	2.12
<i>J. depeanna</i>	3	1	8	3.28	0.16	1.26	1.88
<i>Q. eduardii</i>	5	2	5	2.05	0.22	1.69	1.83
<i>Q. laeta</i>	4	1	4	1.64	0.16	1.26	1.39
<i>Q. rugosa</i>	3	1	4	1.64	0.15	1.19	1.31
<i>Q. castanea</i>	5	2	2	0.82	0.19	1.46	1.29
<i>P. teocote</i>	5	2	1	0.41	0.17	1.29	1.07
<i>Q. emoryi</i>	1	0	1	0.41	0.14	1.08	0.62
<i>A. acuminata</i>	1	0	2	0.82	0.01	0.05	0.39
<i>P. maximinoi</i>	0	0	2	0.82	0.02	0.12	0.35
<i>Q. resinosa</i>	0	0	1	0.41	0.06	0.48	0.34
<i>P. leiophylla</i>	1	0	1	0.41	0.02	0.18	0.30
<i>Q. depressipes</i>	0	0	1	0.41	0.01	0.09	0.21
<i>Q. gentryi</i>	0	0	1	0.41	0.01	0.08	0.20
Total	299	100	244	100	12.88	100	100

Índice de valor Forestal (IVF)

El IVF se calculó utilizando valores relativos de diámetro, altura y dominancia de cada una de las especies presentes. El diámetro relativo mayor se presentó en *P. durangensis* con 15.45%. Con respecto a la altura, los valores más altos los presentaron *P. durangensis* y *P. herrerae*. La mayor dominancia relativa se observó en las especies antes mencionadas. (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de volumen e índice de valor forestal (IVF) de las especies presentes en el área de estudio ordenadas de acuerdo con el mayor valor de IVF.

Especie	Diámetro		Altura		Dominancia		Volumen	IVF
	cm	(%)	m	(%)	m ² ha ⁻¹	(%)	(m ³ ha ⁻¹)	
<i>P. durangensis</i>	4807.10	14.20	3223.40	17.32	1.91	14.82	0.03	15.45
<i>P. herrerae</i>	2896.00	8.55	1738.30	9.34	1.16	9.01	0.82	8.97
<i>P. douglasiana</i>	2649.50	7.82	1347.50	7.24	1.10	8.57	10.33	7.88
<i>P. cooperi</i>	2521.60	7.45	1465.60	7.88	0.99	7.68	10.48	7.67
<i>P. oocarpa</i>	2524.20	7.45	1494.20	8.03	0.92	7.11	10.48	7.53
<i>Q. crassifolia</i>	2232.30	6.59	1042.40	5.60	0.81	6.28	0.11	6.16
<i>A. xalapensis</i>	2332.00	6.89	992.80	5.34	0.77	5.96	0.53	6.06
<i>P. lumholtzii</i>	2031.30	6.00	1256.50	6.75	0.65	5.08	0.11	5.94
<i>Q. sideroxylla</i>	1639.30	4.84	872.70	4.69	0.60	4.65	21.61	4.73
<i>Q. obtusata</i>	1422.00	4.20	595.00	3.20	0.53	4.11	2.44	3.84
<i>Q. urbanii</i>	1244.60	3.68	632.30	3.40	0.40	3.09	9.10	3.39
<i>Q. viminea</i>	957.40	2.83	491.00	2.64	0.42	3.25	0.05	2.90
<i>Q. fulva</i>	882.00	2.60	470.50	2.53	0.35	2.69	0.05	2.61
<i>Q. durifolia</i>	815.90	2.41	368.00	1.98	0.35	2.71	2.56	2.37
<i>P. strobiformis</i>	767.80	2.27	415.30	2.23	0.30	2.36	2.56	2.29
<i>P. michoacana</i>	648.00	1.91	336.60	1.81	0.31	2.38	2.56	2.03
<i>Q. eduardii</i>	610.10	1.80	327.20	1.76	0.22	1.69	2.51	1.75
<i>P. teocote</i>	513.00	1.51	375.00	2.02	0.17	1.29	2.51	1.61
<i>Q. castanea</i>	530.00	1.57	261.00	1.40	0.19	1.46	3.55	1.48
<i>Q. laeta</i>	439.00	1.30	214.00	1.15	0.16	1.26	6.03	1.24
<i>J. depeana</i>	423.00	1.25	170.60	0.92	0.16	1.26	0.81	1.14
<i>Q. rugosa</i>	388.20	1.15	175.00	0.94	0.15	1.19	2.28	1.09
<i>Q. emoryi</i>	236.00	0.70	148.00	0.80	0.14	1.08	6.44	0.86
<i>Q. resinosa</i>	92.40	0.27	45.60	0.25	0.06	0.48	1.40	0.33
<i>P. leiophylla</i>	83.00	0.25	44.00	0.24	0.02	0.18	6.44	0.22
<i>P. maximinoi</i>	46.00	0.14	27.00	0.15	0.02	0.12	1.40	0.13
<i>Q. depressipes</i>	40.50	0.12	30.20	0.16	0.01	0.09	3.59	0.12
<i>A. acuminata</i>	53.90	0.16	21.60	0.12	0.01	0.05	0.14	0.11
<i>Q. gentryi</i>	36.60	0.11	25.00	0.13	0.01	0.08	8.19	0.11
Total, general	33863	100	18606.3	100	12.88	100	119.10	100

Diversidad

Para la comunidad arbórea, los índices de Margalef y de Diversidad Verdadera de Shannon tuvieron valores de 3.78 y de 18.37, respectivamente. Entre los resultados obtenidos se determinó una riqueza específica de 29 especies. La mayor dominancia se observa entre las familias Pinaceae y Fagaceae por el alto número de especies en ellas. Con base en los resultados el área se puede definir como de alta diversidad arbórea.

A través del índice de distribución vertical de Pretzsch, se definieron tres estratos de altura alto (25.60 m - 32.00 m), medio (16.00 m - 25.60 m) y bajo (< 16.00 m). El estrato con mayor altura está conformado por 16 especies, destacando *P. durangensis*, *P. douglasiana* y *Q. crassifolia*, el área presenta una densidad de 8 N ha⁻¹, lo cual representa el 2.80%. En el estrato medio se presentó un total de 26 especies, dominada principalmente por *P. durangensis*, *P. oocarpa* y *P. herrerae*, la densidad dentro del estrato fue de 61 N ha⁻¹ con 20.36% del total. Por último, el estrato inferior mostró la densidad más alta, con 230 N ha⁻¹ lo que representa el 76.84% del total de la zona. El valor obtenido de *A* fue 3.48, *A_{max}* 4.46 y un *A_{rel}* de 77.92%. El valor de *A_{rel}* indica que la comunidad arbórea es multicohortal, ya que por lo menos existen dos estratos bien conformados con una alta cantidad de especies presentes. Los valores de *A_{rel}* contiguos a 100% revelan que todas las especies arbóreas se localizan distribuidas en forma equitativa en al menos dos estratos de altura (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de índice de distribución vertical (Pretzsch).

Estrato I (26.60 m – 32.00 m)	N	(Nha ⁻¹)	Del total	De la zona (%)	Estrato II (16.00 m - 25.60 m)	N	(Nha ⁻¹)	Del total	De la zona (%)	Estrato III (<16.00 m)	N	(Nha ⁻¹)	Del total	De la zona (%)
<i>A. xalapensis</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>A. xalapensis</i>	10	1.82	2.99	0.61	<i>A. xalapensis</i>	103	18.73	8.14	6.26
<i>P. douglasiana</i>	4	0.73	8.70	0.24	<i>J. depeanna</i>	2	0.36	0.60	0.12	<i>Alnus acuminata</i>	4	0.73	0.32	0.24
<i>P. durangensis</i>	6	1.09	13.04	0.36	<i>P. douglasiana</i>	19	3.45	5.67	1.16	<i>Alnus sp.</i>	1	0.18	0.08	0.06
<i>P. herrerae</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>P. durangensis</i>	115	20.91	34.33	6.99	<i>J. depeanna</i>	16	2.91	1.26	0.97
<i>P. lumholtzii</i>	4	0.73	8.70	0.24	<i>P. herrerae</i>	29	5.27	8.66	1.76	<i>P. douglasiana</i>	100	18.18	7.91	6.08
<i>P. oocarpa</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>P. lumholtzii</i>	14	2.55	4.18	0.85	<i>P. durangensis</i>	97	17.64	7.67	5.90
<i>P. strobiformis</i>	1	0.18	2.17	0.06	<i>P. michoacana</i>	5	0.91	1.49	0.30	<i>P. herrerae</i>	93	16.91	7.35	5.65
<i>P. teocote</i>	1	0.18	2.17	0.06	<i>P. oocarpa</i>	31	5.64	9.25	1.88	<i>P. leiophylla</i>	5	0.91	0.40	0.30
<i>Q. crassifolia</i>	4	0.73	8.70	0.24	<i>P. strobiformis</i>	5	0.91	1.49	0.30	<i>P. lumholtzii</i>	101	18.36	7.98	6.14
<i>Q. durifolia</i>	2	0.36	4.35	0.12	<i>P. teocote</i>	6	1.09	1.79	0.36	<i>P. maximinoi</i>	2	0.36	0.16	0.12
<i>Q. emoryi</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>P. cooperi</i>	25	4.55	7.46	1.52	<i>P. michoacana</i>	20	3.64	1.58	1.22
<i>Q. resinosa</i>	1	0.18	2.17	0.06	<i>Q. castanea</i>	2	0.36	0.60	0.12	<i>P. oocarpa</i>	97	17.64	7.67	5.90
<i>Q. rugosa</i>	1	0.18	2.17	0.06	<i>Q. crassifolia</i>	8	1.45	2.39	0.49	<i>P. strobiformis</i>	31	5.64	2.45	1.88
<i>Q. sideroxylla</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>Q. depressipes</i>	1	0.18	0.30	0.06	<i>P. teocote</i>	18	3.27	1.42	1.09
<i>Q. urbanii</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>Q. durifolia</i>	6	1.09	1.79	0.36	<i>P. cooperi</i>	90	16.36	7.11	5.47
<i>Q. viminea</i>	4	0.73	8.70	0.24	<i>Q. eduardii</i>	5	0.91	1.49	0.30	<i>Q. castanea</i>	24	4.36	1.90	1.46
Total	46	8	100	2.80	<i>Q. emoryi</i>	3	0.55	0.90	0.18	<i>Q. crassifolia</i>	103	18.73	8.14	6.26
					<i>Q. fulva</i>	6	1.09	1.79	0.36	<i>Q. depressipes</i>	1	0.18	0.08	0.06
					<i>Q. gentryi</i>	1	0.18	0.30	0.06	<i>Q. durifolia</i>	30	5.45	2.37	1.82
					<i>Q. laeta</i>	2	0.36	0.60	0.12	<i>Q. eduardii</i>	24	4.36	1.90	1.46
					<i>Q. obtusata</i>	5	0.91	1.49	0.30	<i>Q. fulva</i>	38	6.91	3.00	2.31
					<i>Q. resinosa</i>	1	0.18	0.30	0.06	<i>Q. gentryi</i>	1	0.18	0.08	0.06
					<i>Q. rugosa</i>	3	0.55	0.90	0.18	<i>Q. laeta</i>	19	3.45	1.50	1.16
					<i>Q. sideroxylla</i>	13	2.36	3.88	0.79	<i>Q. obtusata</i>	68	12.36	5.38	4.13
					<i>Q. urbanii</i>	7	1.27	2.09	0.43	<i>Q. rugosa</i>	14	2.55	1.11	0.85
					<i>Q. viminea</i>	9	1.64	2.69	0.55	<i>Q. sideroxylla</i>	70	12.73	5.53	4.26
					Total	335	61	100	20.36	<i>Q. urbanii</i>	63	11.45	4.98	3.83
										<i>Q. viminea</i>	26	4.73	2.06	1.58
										Total	1264	230	100	76.84

DISCUSIÓN

La densidad del bosque estudiado mostró una dominancia del género *Pinus*, seguido por *Quercus*, estos datos son coincidentes con los registrados por Hernández *et al.* (2013) y López *et al.* (2017), quienes mencionan que las especies más abundantes en estudios realizados en bosques del estado de Chihuahua y Durango son pinos y encinos, principalmente.

A su vez, los resultados revelan que la mayor cantidad de individuos se distribuyen en clases diamétricas menores, en coincidencia con Návar, (2010) quien menciona que las especies analizadas en bosques templados de Nuevo León muestran una tendencia similar, concentrándose la mayor cantidad de individuos en categorías más pequeñas. Por otra parte, Méndez-Orsorio *et al.* (2014) a través de un estudio de diversidad post-incendio realizado en la sierra de Guerrero, mencionan que el mayor porcentaje de individuos registrados corresponden a la familia Pinaceae, similar lo encontrado en este estudio aun y cuando las variables de los ecosistemas pueden ser diferentes.

La especie más dominante en el área evaluada fue *P. durangensis* con un valor de $1.91 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$; sin embargo, este valor es muy inferior a reportado por Graciano-Ávila *et al.* (2017) reportando una dominancia promedio de $7.76 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ para esta especie que fue una de las más dominantes en rodales del estado Durango, específicamente en la región de El Salto. Lo anterior puede deberse a las variables climáticas presentes en el área, donde la temperatura es más alta y las elevaciones son menores. Resultados similares muestran que *P. cooperi*, *P. durangensis* y *Q. sideroxylla* son las especies más dominantes en este tipo de bosques. La mayor dominancia pertenece al género *Pinus*, seguido por *Quercus* en menor proporción de acuerdo con López-Hernández *et al.* (2017), quienes presentaron valores de 54.54% para *Pinus* y 18.18% para *Quercus*.

Con respecto al IVI, los resultados obtenidos en este estudio para el género *Pinus*, son inferiores a los reportados por Alanís-Rodríguez *et al.* (2011), Hernández *et al.* (2013) y Delgado-Zamora *et al.* (2016), quienes mencionan valores superiores a 60-80% para ese índice, lo cual puede atribuirse a una diferencia en diversidad de especies. Sin embargo, el valor obtenido se encuentra dentro del rango y coincide con los autores anteriores definir a *Pinus* con el mayor porcentaje de IVI en el área de estudio. Los valores de IVIF concuerdan asimismo con los obtenidos por Graciano-Ávila *et al.* (2017), donde las familias Pinaceae y Fagaceae obtuvieron los porcentajes más altos.

La riqueza específica registrada, muestra que el componente arbóreo engloba una alta cantidad de especies, comparado con áreas cercanas, tal como lo reportan Graciano *et al.*, (2017), quienes calcularon una riqueza de 13 especies, obteniendo valores de (D_{mg}) 1.58 y (1D) 6.11 en condiciones de bosque con características semejantes en rodales de la región de El Salto, Durango; lo anterior puede atribuirse a las condiciones biofísicas del terreno donde se ubicaron los sitios. Asimismo, los resultados son superiores a los reportados por Solís *et al.* (2006) quienes obtuvieron valores de (1D) 3.35 y superior al (D_{mg}) 1.04 encontrado por Návar y González (2009). Una posible explicación podría ser que en este estudio se evaluó una superficie mayor, pudiendo registrar un mayor número de especies.

Referente a la distribución vertical, los valores obtenidos muestran que la diversidad de alturas se encuentra distribuida en por lo menos dos estratos, esto se atribuye a que la mayor cantidad de especies presentes se concentran en los estratos de altura media y baja. Lo anterior es similar con los datos obtenidos por Rubio-Camacho *et al.* (2014) y Jiménez *et al.* (2001), quienes observaron una tendencia similar en bosques templados de Nuevo León, donde al evaluar una comunidad vegetal describen una heterogeneidad biológica de acuerdo con el decremento en los estratos de altura.

CONCLUSIONES

Las familias Pinaceae y Fagaceae presentaron los valores más altos de índice de valor de importancia familiar (IVIF) e índice de valor forestal (IVF). Las especies más dominantes fueron *P. durangensis*, *P. douglasiana*, *A. xalapensis* y *P. herrerae*, que fueron altamente frecuentes en los sitios de muestreo, con alta densidad y valores porcentuales de IVI e IVF mayores al resto de las especies presentes. En contraparte hubo presencia de especies con valores porcentuales muy bajos, lo cual manifiesta que pesar de la alta riqueza en la zona; existieron especies que se presentaron de manera aislada en el área bajo estudio.

De acuerdo con los índices estimados el área de estudio mostró una alta diversidad y riqueza de especies acorde con los resultados de los índices estimados, los que a su vez son relativamente altos si se comparan con resultados obtenidos para bosques mixtos de obtenidos en áreas cercanas y de otras regiones de México.

Referente a la distribución vertical se pudieron identificar dos estratos de altura bien conformados, donde las especies arbóreas se distribuyeron mayormente en los estratos II y III, identificándolas en la parte media y baja. Es apreciable que a pesar de las actividades silvícolas que se desarrollan en la región, el aprovechamiento forestal no ha producido un cambio en la estructura del bosque.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal de servicios técnicos del ejido Pueblo Nuevo de Durango por facilitar la información dasométrica requerida en el estudio, especialmente al Ing. Rufino Meraz Alemán y al Ing. Jesús Fisher.

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Benítez, F. C., M. A. González-Tagle, W. Himmelsbach, O. A. Aguirre-Calderón. y J. Jiménez-Pérez. (2018). Diagrama de manejo de densidad para el género *Pinus* en el ejido Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 54–73. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.262>
- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21, 17–28. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000400002
- Aguirre, O. A., G. Hui, K. Von Gadow. y J. Jiménez Pérez. (2003). An analysis of spatial forest structure using neighbourhoodbased variables. *Forest Ecology and Management*, 183(1), 137–145. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00102-6)
- Alanís-Rodríguez, E., J. Jiménez-Pérez, A. Valdecantos-Dema, M. Pando-Moreno, O. A. Aguirre-Calderón y E. J. Treviño-Garza. (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. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.05.032>
- Alanís-Rodríguez, E., E. A. Rubio-Camacho. y J. S. Marroquín de la Fuente. (2020). *Muestreo ecológico de la vegetación*. (Ed. Universitaria), Monterrey, Nuevo León, México. 204 pp.
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. *Capital Natural de México*, 1, 87–108.
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2012). Inventario Nacional Forestal y de Suelos, informe del 2004-2009. In *informe del 2004-2009* (1a ed).
- Corella, F., I. Valdez, M. Cetina, V. González, A. Trinidad. y R. Aguirre. (2001). Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal En México*, 26(90), 73–102. <https://doi.org/10.4206/bosque.1984.v5n2-04>

- Corral, J., O. A. Aguirre, J. Jiménez, y S. Corral. (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. <https://doi.org/https://doi.org/10.5424/srf/2005142-00885>
- Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas, y G. Montero. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 12(159–176). <https://doi.org/10.5424/srf/200413s1-00865>
- Delgado Zamora, D. A., S. A. Heynes Silerio, M. D. Mares Quiñones, N. L. Piedra Leandro, F. I. Retana Rentería, K. Rodríguez Corral, A. I. Villanueva Hernández, M. D. S. González Elizondo, y L. Ruacho-González. (2017). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(3), 94–107. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i33.92>
- Gadow K. V, C.Y. Zhang, C. Wehenkel, A. Pommerening, J. Corral-Rivas, M. Korol, et al. (2012). Forest structure and diversity. En: Pakkala T, von Gadow K (Eds.) Continuous cover forestry. *Managing Forest Ecosystems*, Vol 23. Sp, 23–83. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2202-6_2
- García, E. (1998). *Climas (Clasificación de Köppen, modificada por García) Escala 1:1 000 000 México*, D.F., México.
- Graciano-Ávila, G., E. Alanís-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, E. J. Treviño-Garza, y A. Mora-Olivo. (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 137–146. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Hernández-Salas, J., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, E. J. Treviño-Garza, M. A. González-Tagle, C. Luján-Álvarez, J. M. Olivas-García, A. Domínguez-Pereda. (2018). Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 24(2). <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2018.2421767>
- Hernández, J., O. A. Aguirre, E. Alanís, J. Jiménez, M. A. González. (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(3), 189–199.
- Jiménez, J., O. A. y H. K. (2001). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Forest Systems*, 10(2), 355–366. <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2596>
- López-Hernández, J.A., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monárrez-González, M. A. González-Tagle, y J. Jiménez-Pérez. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39–51. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, UK: Blackwell Science
- Méndez-Osorio, C., E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, O. A. Aguirre-Calderón y E. J. Treviño-Garza. (2014). Análisis de la regeneración postincendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México. *Ciencias UANL*, 17(69), 63–70. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.236>
- Méndez-Toribio, M., Zermeno-Hernández & G. Ibarra-Manríquez. (2014). Effect of land use on the structure and diversity of riparian vegetation in the Duero river watershed in Michoacán, Mexico. *Plant Ecology*, 215(3), 285–296. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0297-z>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (M. y T. SEA (ed.)).
- Mueller-Dombois, D. & H. E. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology* (John Wiley), New York, 547 p.
- Návar, C. J. J. y G. S. González. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 27, 71–87. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140527682009000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Recibido:
10/marzo/2021

Aceptado:
10/julio/2021

- Návar, J. (2010). Alometría para biomasa en especies arbóreas del noroeste de México. *Trop Subtrop Agroecosyst*, 12, 507–519.
- Ni, R., Y. C. Baiketuerhan, C. Zhang, X. Zhao, K. Von Gadow. (2014). Analysing structural diversity in two temperate forests in northeastern China. *Forest Ecology and Management*, 316, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.012>
- Pretzsch, H. (1998). Structural diversity as a result of silvicultural operations. *Lesnictví-Forestry*, 44(10), 429–439. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ1998001279>
- Rubio-Camacho, A. E., M. A. Gonzales-Tagle, J. Jiménez-Pérez, E. Alanís-Rodríguez, D. Y. Ávila-Flores. (2014). Diversidad y distribución vertical de especies vegetales mediante el índice de Pretzsch. *Ciencias UANL*, 17, 34–41. <http://eprints.uanl.mx/7024/1/Diversidad-y-distribucion-vertical-de-especies.pdf>
- Solís, M. R., O. A. Aguirre, E. J. Treviño, J. Jiménez, E. Jurado. y J. Corral-Rivas. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49–64. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2006.1221242>
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213–251. <https://doi.org/10.2307/1218190>