

**ESTRUCTURA HORIZONTAL Y
DIVERSIDAD DE LOS BOSQUES DE
Pseudotsuga menziesii (Mirb) Franco
EN MÉXICO**

**HORIZONTAL STRUCTURE AND
DIVERSITY OF THE *Pseudotsuga
menziesii* (Mirb) Franco FORESTS IN
MEXICO**

Molina-Marchan, E.; R. Narváez-Flores y A.S. Mojica-Guerrero

ESTRUCTURA HORIZONTAL Y DIVERSIDAD DE LOS BOSQUES DE *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco EN MÉXICO

HORIZONTAL STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco FORESTS IN MEXICO



Estructura horizontal y diversidad de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco en MéxicoHorizontal structure and diversity of the *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco forests in Mexico

Molina-Marchan, E.;
R. Narváez-Flores
y A.S. Mojica-Guerrero

ESTRUCTURA
HORIZONTAL Y
DIVERSIDAD DE LOS
BOSQUES DE *Pseudotsuga
menziesii* (Mirb) Franco EN
MÉXICO

HORIZONTAL STRUCTURE
AND DIVERSITY OF THE
Pseudotsuga menziesii (Mirb)
Franco FORESTS IN
MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 57: 63-80. Enero 2024

DOI:

10.18387/polibotanica.57.4

Emanuel Molina-Marchan

<https://orcid.org/0000-0001-7202-3218>

Raúl Narváez-Flores / rnarvaez@uach.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2270-4573>

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales
Km 2.5 Carretera Delicias a Rosales,
Campus Delicias, Delicias, Chih. México

Aldo Saúl Mojica-Guerrero

<https://orcid.org/0009-0002-8886-9925>

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales
Carretera Nacional 85, Km. 145, Linares, Nuevo León, C.P. 67700

RESUMEN: Evaluar la diversidad permite conocer el estado general de los sistemas ecológicos, el impacto del cambio climático, del manejo forestal y otras actividades antrópicas, se ha utilizado con fines prácticos de conservación, monitoreo y gestión de los bosques. El objetivo del estudio fue analizar la estructura, diversidad y similitud del estrato arbóreo de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* en México, especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, cuyas áreas son consideradas de Alto Valor de Conservación. El presente estudio comprendió 11 de los 14 estados donde se distribuye esta especie en México. Se analizó y procesó información de 28 comunidades de *Pseudotsuga*, obtenidas del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, trabajos de investigación e información propia; la estructura horizontal se determinó con el Índice de Valor de Importancia (IVI), la diversidad con el índice de Shannon-Wiener (H') y Pielou (J), se determinaron las diferencias significativas en diversidad de H' con la prueba de t de Hutcheson, y la similitud florística se obtuvo con el índice de Morisita-Horn. A nivel nacional se registraron 9 familias, 14 géneros y 45 especies, el IVI de *Pseudotsuga* fluctúa entre 20.77 a 53.33; los valores de H' en general indican baja diversidad (<2.00) y alta equidad J (>0.70). El índice de Morisita presenta tres agrupaciones correspondientes a las provincias fisiográficas Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana, y refleja una alta semejanza dentro de cada provincia y media a baja entre regiones. El presente trabajo coadyuvará al desarrollo de estrategias de manejo en estos bosques para su monitoreo y conservación.

Palabras clave: Bosque de ayarín, ecología, conservación, especies efectivas, riqueza de especies, similitud de comunidades.

ABSTRACT: Assessing diversity allows us to know the general state of ecological systems, the impact of climate change, forest management and other anthropic activities, and has been used for practical purposes of conservation, monitoring and management of forests. The objective of the study was to analyze the structure, diversity and similarity of the tree stratum of *Pseudotsuga menziesii* forests in Mexico, a species listed in NOM-059-SEMARNAT-2010, whose areas are considered of High Conservation Value. The present study included 11 of the 14 states where this species is distributed in Mexico. Information from 28 *Pseudotsuga* communities was analyzed and processed, obtained from the National Forest and Soil Inventory, research works and own information; horizontal structure was determined with the Importance Value Index (IVI), diversity with the Shannon-Wiener (H') and Pielou (J) index, significant

differences in diversity were determined with the Hutcheson's t-test, and floristic similarity was obtained with the Morisita-Horn index. At the national level, 9 families, 14 genera and 45 species were recorded, the IVI of *Pseudotsuga* fluctuates between 20.77 and 53.33; H' values generally indicate low diversity (<2.00) and high J-equity (>0.70). The Morisita index presents three groupings corresponding to the physiographic provinces Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental and Faja Volcánica Transmexicana, and reflects a high similarity within each province and medium to low similarity between regions. This work will contribute to the development of management strategies for monitoring and conservation in these forests.

Key words: Douglas-fir Forest, ecology, conservation, effective species, species richness, community similarity.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de clima templado albergan la más alta diversidad florística con alrededor de 7000 especies, lo que representa la cuarta parte de la flora nacional (Rzedowski, 2006).

La evaluación de la diversidad y estructura permite conocer el estado actual y funcionalidad de los ecosistemas; así como la sucesión ecológica, impacto del cambio climático, manejo forestal y otras actividades antrópicas, y se ha utilizado con fines prácticos para la conservación, monitoreo y gestión de los bosques (Leitner y Turner, 2001; Spellerberg, 2005; López-Hernández *et al.*, 2017). Se ha determinado que la pérdida de la diversidad afecta la productividad de los bosques en sus bienes y servicios (Bridgeland *et al.*, 2010; Cardinale *et al.*, 2011); razón por la que se utiliza para evaluar la degradación de los ecosistemas (FAO, 2020).

La importancia de la biodiversidad para la sustentabilidad de los bosques se fundamenta en que al aumentar la diversidad y complejidad de la estructura existe mayor diversidad de hábitats y nichos ecológicos lo que incrementa las relaciones funcionales y resiliencia del ecosistema (Thompson, 2011). La estructura revela la importancia ecológica de cada especie y las que están mejor adaptadas en la comunidad estudiada (Lamprecht, 1990).

Recientemente se han desarrollado numerosos estudios sobre la diversidad y estructura en masas forestales de coníferas y latifoliadas de interés comercial para un aprovechamiento sustentable como los generados por (López-Hernández *et al.*, 2017; Monárrez-González *et al.*, 2018; Ramírez-Santiago *et al.*, 2019; Blancarte-Contreras *et al.*, 2022; Chávez-Aguilar *et al.*, 2022; Muñoz-Flores *et al.*, 2022).

Sin embargo, son escasos los estudios sobre especies en estatus o Áreas de Alto Valor de Conservación (AAVC) como son los bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco, especie "sujeta a protección especial", que habita en comunidades pequeñas y fragmentadas y actualmente cubre una superficie aproximada de 57,000 ha; misma que de acuerdo con Villanueva *et al.*, (2000) es sensible al cambio climático y empleada frecuentemente en estudios dendrocronológicos para la reconstrucción del clima.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la diversidad, estructura y semejanza florística de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* en México, con el fin de generar información para una mejor gestión y conservación de estos ecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo comprende 28 comunidades de *Pseudotsuga menziesii* en las que generalmente se presenta como especie dominante o codominante, distribuidas en 11 Estados

de la República Mexicana dentro de la Sierra Madre Occidental (SMO), Sierra Madre Oriental (SMOR) y Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) (Tabla 1 y Figura 1). Estas comunidades se desarrollan en climas templados o templados-subhúmedos con precipitaciones mayores a 600 mm y temperatura media anual de 10 a 14 °C; en suelos poco profundos de tipo Litosol, Feozem y Regosol con altos porcentajes de materia orgánica y pH ligeramente ácidos; se encuentra principalmente en las exposiciones hacia el norte y pendientes superiores al 20% en altitudes de 2,400 a 3,200 m (Domínguez Álvarez. *et al.*, 2004; Encina-Domínguez *et al.*, 2008; Ventura-Ríos *et al.*, 2010; Guerra-De la Cruz *et al.*, 2012; Lavender y Hermann, 2014).

Para determinar el Índice de Valor de Importancia (IVI), riqueza, diversidad y semejanza del estrato arbóreo de los bosques de *Pseudotsuga mneziesii* en México, se analizó la información de siete conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) 2009-2014 escala 1:250000 (CONAFOR, 2014) correspondientes a los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila, el estudio se complementó con la evaluación y procesamiento de la información de 19 sitios obtenidos de 12 trabajos de investigación realizados por diversos autores en las principales entidades federativas donde se distribuye *Pseudotsuga mneziesii*, e información de dos bosques de *Pseudotsuga* en Chihuahua obtenida con la metodología del INFyS. Para la elección de todas las localidades se tomó como criterio que *Pseudotsuga mneziesii* registrara un Índice de Valor de Importancia $\geq 10\%$.

Tabla 1. Localidades seleccionadas para el análisis de la estructura y diversidad de *Pseudotsuga* en México
Table 1. Selected locations for the analysis of the structure and diversity of *Pseudotsuga* in Mexico.

Fuente de información	Estado	Paraje	Coordenadas			Altitud	Especies	H'	IVI <i>P. mneziesii</i>
			x	y	zona				
Información propia	Chih.	Cebadilla ¹	771737	3247393	12 R	2526	5	1.48	42.15
Información propia	Chih.	Cuenca San Julián ²	349764	2881439	13 R	2805	16	1.88	11.86
CONAFOR (2018)	Chih.	Ejido San Rafael ³	281167	3209388	13 R	2879	5	1.43*	42.13*
CONAFOR (2018)	Chih.	San Julián ⁴	352624	2879689	13 R	2718	7	1.88*	24.64*
CONAFOR (2018)	Dgo.	Guanaceví ⁵	357793	2869733	13 R	2973	6	1.65*	25.26*
CONAFOR (2018)	Dgo.	Tepehuanes ⁶	439287	2816145	13 R	2937	6	1.58*	28.51*
CONAFOR (2018)	Dgo.	Canelas ⁷	384878	2774895	13 R	2547	5	1.1*	42.15*
CONAFOR (2018)	Dgo.	Mezquital ⁸	575712	2537581	13 Q	2482	9	1.67*	26.23*
CONAFOR (2018)	Coah.	Saltillo ⁹	303186	2801667	14 R	2266	4	1.26*	49.43*
García-García <i>et al.</i> , (2020)	Chih.	Ej. Chinatú ¹⁰	334493	2903339	13 R	2680	10	1.96	26.14
Moreno-Valdez <i>et al.</i> , (2018a)	Dgo.	Santa Bárbara ¹¹	448167	2618338	13 R	2750	11	1.79	23.81
Domínguez-Calleros <i>et al.</i> , (2014)	Zac.	Los Castillo ¹²	596516	2589655	13 Q	S/E	8	1.58*	33.08*
Encina-Domínguez <i>et al.</i> , (2008)	Coah.	Sierra de Zapalinamé ¹³	309654	2804879	14 R	2847	9	1.22*	24.52
López-Sánchez <i>et al.</i> , (2017)	Coah.	Santa Rita ¹⁴	353988	2791690	14 R	2500	5	1.44*	12.23*
González-Cubas (2019)	Coah.	S. C. El Penitente ¹⁵	308145	2805071	14 R	2891	3	0.94	22.51
Aguirre-Calderón <i>et al.</i> , (2003)	N.L.	Cerro del Potosí ¹⁶	392180	2746878	14 R	3125	4	1.26*	28.60*
González <i>et al.</i> , (2018)	N.L.	El Rosal ¹⁷	419916	2646070	14 Q	2400	7	1.47	11.65
González-Cubas (2019)	Tam.	S. C. Del Nacimiento 1 ¹⁸	422056	2613994	14 Q	3117	4	0.84	46.17
González-Cubas (2019)	Tam.	S. C. Del Nacimiento 2 ¹⁹	422423	2614174	14 Q	3087	3	0.75	37.74

Villagómez-Loza y Bello-González (2018)	Gto.	Región Lerma-Santiago ²⁰	366557	2315304	14 Q	2814	3	S/E	S/E
Ventura-Ríos <i>et al.</i> , (2010a)	Hgo.	Móran ²¹	535417	2227809	14 Q	2600	8	S/E	S/E
Guerra-De la Cruz <i>et al.</i> , (2012)	Pue.	Cuatexmola ²²	621792	2156457	14 Q	2925	5	S/E	53.68
Guerra-De la Cruz <i>et al.</i> , (2012)	Pue.	La Caldera ²³	619127	2157438	14 Q	3040	6	S/E	45.58
Guerra-De la Cruz <i>et al.</i> , (2012)	Pue.	Canoitas ²⁴	676467	2121984	14 Q	3127	8	S/E	21.64
Domínguez-Álvarez <i>et al.</i> , (2004)	Qro.	Pinal de Amoles ²⁵	428476	2338996	14 Q	2880	9	1.83*	22.14
Guerra-De la Cruz <i>et al.</i> , (2012)	Tlax.	Zapata ²⁶	614370	2162818	14 Q	3000	8	S/E	53.97
Guerra-De la Cruz <i>et al.</i> , (2012)	Tlax.	La Rosa ²⁷	613810	2159126	14 Q	2750	7	S/E	31.49
Guerra-De la Cruz <i>et al.</i> , (2012)	Tlax.	Villarreal ²⁸	616706	2162065	14 Q	2872	9	S/E	39.86

*Datos generados a partir de la información de los autores. El super índice indica el número de localidad en la Figura 1.

*Data generated from the information provided by the authors. The superscript indicates the locality number in Figure 1.

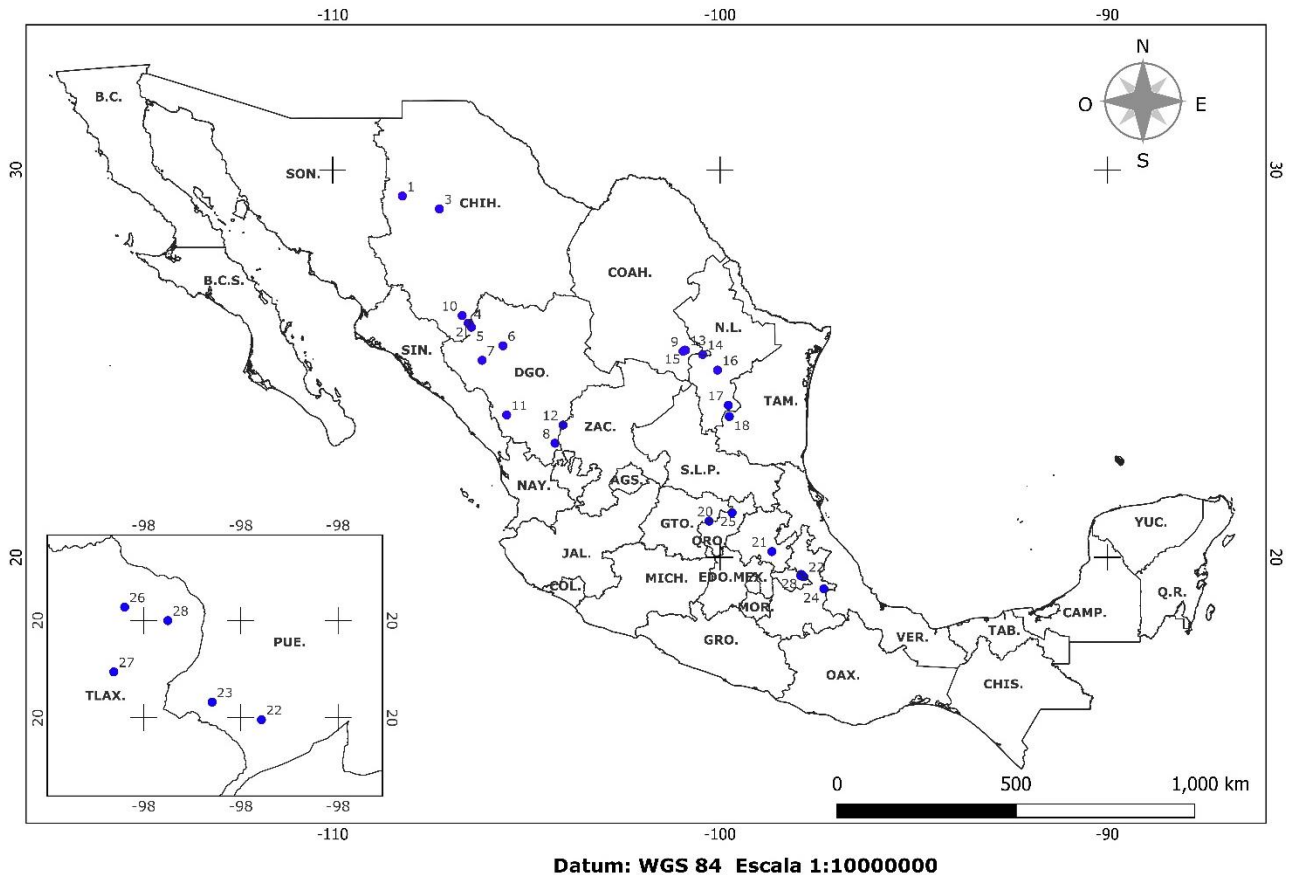


Figura 1. Comunidades de *Pseudotsuga menziesii* analizadas a nivel nacional.
Figure 1. *Pseudotsuga menziesii* communities analyzed at the national level.

Análisis de datos

El Índice de Valor de Importancia (IVI) habitualmente considera la abundancia, dominancia y frecuencia; y es un parámetro que nos permite conocer la importancia fitosociológica de las especies que pertenecen a una región o comunidad (Lozada-Dávila, 2010). Sin embargo, de acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000) es válido calcularlo con dos variables cuando no es posible contar con los tres parámetros (Tabla 2).

Tabla 2. Ecuación para obtener el Índice de Valor de Importancia.
Table 2. Equation to obtain the Importance Value Index.

Índice/Ecuación	Descripción
$IVI = \frac{Ar + Dr}{2}$	Ar: Abundancia relativa Dr: Dominancia relativa (área basal)

Para el análisis de la diversidad se utilizó el índice de Shannon-Wiener (H') que comprende la riqueza de especies y la abundancia relativa de las mismas y su valor incrementa con el número de especies y la equidad de sus abundancias (Moreno, 2001b) (Tabla 3), los valores de este índice oscilan generalmente entre 1 y 5, resultados menores a 2 indican una diversidad baja, mientras que de 2 a 3.5 se considera una diversidad media y mayores a 3.5 son de alta diversidad (Margalef, 1972). La equidad de las abundancias relativas de las especies se generó con el índice de Pielou cuyos valores fluctúan entre 0 y 1, donde 1 representa el valor máximo de equidad (Magurran, 1988) (Tabla 3).

La diferencia significativa en la diversidad de estos bosques se determinó a través de comparaciones pareadas mediante la prueba de t de Hutcheson ($p \leq 0.05$) (Hutcheson, 1970) (Tabla 3), y con la diversidad verdadera de orden 1 (1D) expresada a través del exp (H') se determinó la amplitud de estas diferencias a través del número de especies efectivas, obtenidas de la siguiente manera: cuando el bosque A (BA) presenta una diversidad más alta que el bosque B (BB), entonces el cociente entre BA/BB será el resultado de la proporción en la que es mayor BA (Moreno *et al.*, 2011). Finalmente, la afinidad de la composición de especies del estrato arbóreo de los bosques de *Pseudotsuga* se obtuvo con el índice de similitud cuantitativo de Morisita-Horn (Morisita, 1959) (Tabla 3).

Tabla 3. Índices para calcular la diversidad y semejanza de comunidades de *Pseudotsuga menziesii*.
Table 3. Indices for calculating diversity and similarity of *Pseudotsuga menziesii* communities.

Índice	Ecuación	Descripción
Índice de Shannon-Wiener	$H' = - \sum_{i=1}^s pi \ln pi$	Pi: Abundancia relativa de la especie i ni: Total de individuos de la i-esima especie N: Suma de todos los individuos registrados
Índice de Pielou	$J = \frac{H'}{\ln(S)}$	H': Índice de Shannon-Wiener S: Riqueza de especies
Prueba t de Hutcheson	$t = (H'1 - H'2) / (\text{var}H'1 + \text{var}H'2)l/2$	H'1: Diversidad de la muestra 1 H'2: Diversidad de la muestra 2 varH'1: Varianza de la diversidad obtenida para la muestra 1 varH'2: Varianza de la diversidad obtenida para la muestra 2

Diversidad verdadera	${}^qD = \exp(H')$	$\exp(H')$: Exponencial del índice de Shannon
Índice Morisita-Horn	$I_{M-H} = \frac{2 \sum (an_i * bn_j)}{(da + db) aN * bN}$	an_i : Total de individuos de la i-esima especie del sitio A bn_j : Total de individuos de la j-esima especie del sitio B da : $\sum an_i^2 / aN^2$ db : $\sum bn_j^2 / bN^2$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza florística

En estos bosques se registraron 9 familias, 14 géneros y 45 especies, los estados que presentan la mayor riqueza de familias son Durango con seis, seguido de Chihuahua, Coahuila e Hidalgo con cinco, a diferencia de Guanajuato que solo presenta una (Tabla 4). Las familias más importantes en estos bosques fueron Pinaceae y Fagaceae con el 75.55% de especies, los géneros *Pinus* y *Quercus* presentaron 14 taxones cada uno, que en conjunto representan el 62.22% (Figura 2), estos resultados son similares a los reportados por Delgado-Zamora *et al.*, (2016) y Graciano-Ávila *et al.*, (2017). Lo anterior se debe a que en México los bosques de pino-encino ocupan la mayor superficie en estos ecosistemas (CONAFOR, 2021), y se consideran centros importantes de diversificación de estos géneros (Valencia, 2004); Sánchez-González, 2016).

En la SMO algunas de las especies comunes en bosques de *Pseudotsuga* son *Pinus arizonica* Engelm., *Pinus durangensis* Martínez, *Quercus sideroxyla* Bonpl., *Quercus crassifolia* Bonpl., *Arbutus xalapensis* Kunth y *Cupressus lusitanica* Mill., y en lugares más húmedos se asocia con *Abies*, *Picea* y *Pinus strobiformis* Engelm. lo que es similar a lo registrado por (González-Elizondo *et al.*, 2007) (CONANP, 2017). En la SMOR *Pseudotsuga* convive generalmente con *Abies vejarii* Martínez, *Pinus hartwegii* Lindl., *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., *Cupressus arizonica* Greene, *Arbutus xalapensis*, *Quercus affinis* Scheidw. y *Quercus greggii* (A.DC.) Trel., lo que coincide con (Zavala-Chávez, 1998; Luna *et al.*, 2004); y en la Faja Volcánica Transmexicana los bosques de ayarín frecuentemente comparten hábitat con *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. y Cham., *Quercus laurina* Bonpl., *Quercus greggii*, *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. y Cham. y *Pinus hartwegii*.

La riqueza y composición de especies en las comunidades de *Pseudotsuga* son heterogéneas en las diferentes regiones montañosas donde se distribuye, debido principalmente a las condiciones de altitud, latitud, edafológicas, climáticas, fisiográficas, evolución geológica y actividades antrópicas mencionadas por Rzedowski (2006) y Challenger y Soberón (2008). Cabe señalar que los bosques de ayarín son relictos de relevancia ecológica por la riqueza florística y diversidad genética que representan las especies en estatus y endémicas que confluyen en estos hábitats especializados de las partes altas de las montañas, razones por las que estas áreas son consideradas de Alto Valor de Conservación.

En México de acuerdo con las localidades estudiadas el número de especies fluctúan entre cinco y 16, la mayoría de estas comunidades presentan menos de 10 taxones, valores similares a los reportados en bosques templados por Estrada-Valdés (2018); Méndez-Osorio (2018); Dávila-Lara *et al.*, (2019); Rodríguez-Pacheco *et al.*, (2023). En Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León se registraron bosques de baja riqueza debido la dominancia de las especies *Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii*. Por otra parte, la localidad de Cuenca San Julián ubicada en el municipio de Guadalupe y Calvo alberga el mayor número de taxones con 16, esta región con precipitaciones mayores a 1000 mm, suelos fértiles, diversidad de topoformas y de gradientes

altitudinales con elevaciones mayores a los 3000 m, favorecen una alta riqueza florística de coníferas y latifoliadas y presenta la mayor superficie de bosque de ayarín en Chihuahua (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2013; CONAFOR, 2018; García-García *et al.*, 2019).

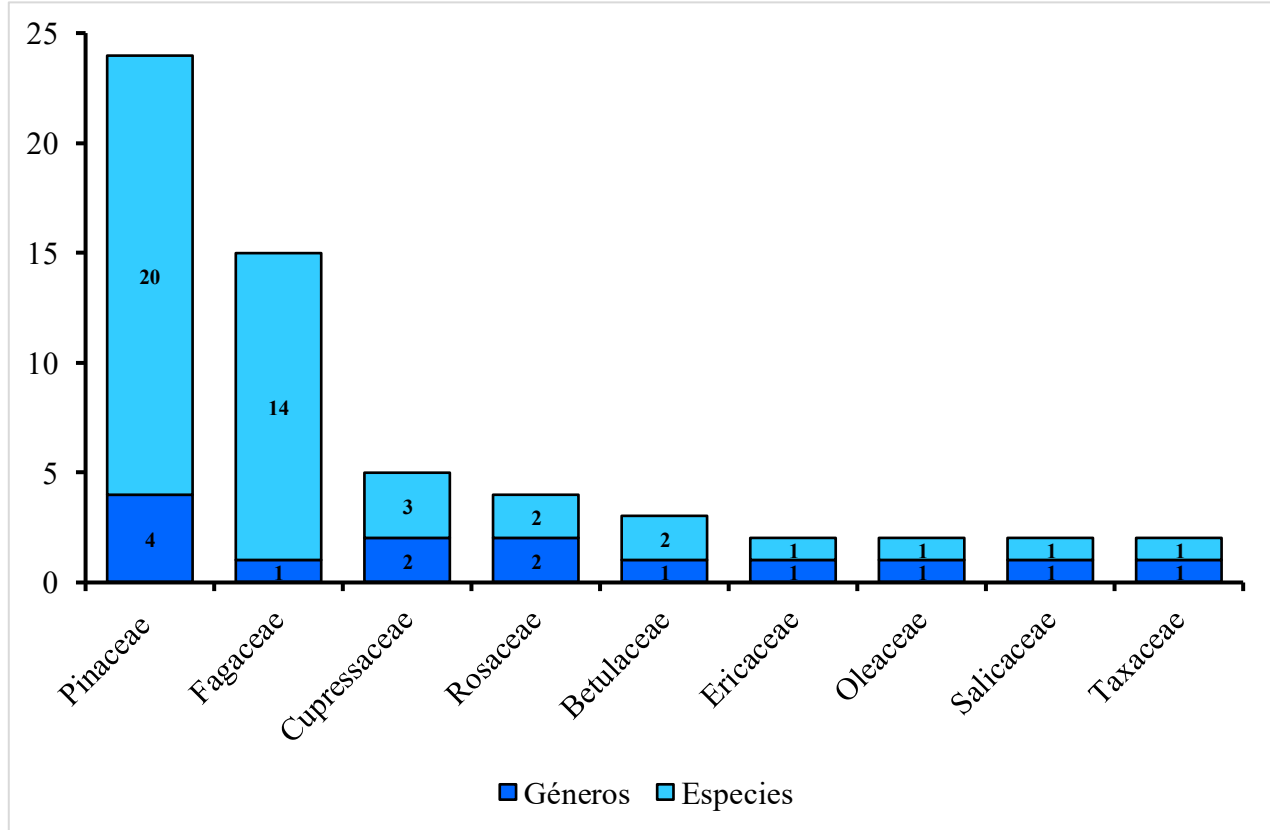


Figura 2. Familias presentes en las comunidades de *Pseudotsuga menziesii*.
Figure 2. Families present in the *Pseudotsuga menziesii* communities.

Tabla 4. Especies registradas en las entidades analizadas.
Table 4. Species recorded in the analyzed entities.

Familia	Género	Especie	Estado	NOM-059-SEMARNAT-2019
Pinaceae	<i>Abies</i>	<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr.	Chih.	Pr
Pinaceae	<i>Abies</i>	<i>Abies durangensis</i> Martínez	Chih. Dgo.	
Pinaceae	<i>Abies</i>	<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schldtl. y Cham.	Hgo. Pue Qro. Tlax.	P
Pinaceae	<i>Abies</i>	<i>Abies vejarii</i> Martínez	Coah. N.L. Tam.	A
Betulaceae	<i>Alnus</i>	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Dgo. Qro.	
Betulaceae	<i>Alnus</i>	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	Qro.	
Ericaceae	<i>Arbutus</i>	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Chih. Dgo. Zac. Coah. Tam. Hgo. Pue. Qro. Tlax.	
Rosaceae	<i>Crataegus</i>	<i>Crataegus mexicana</i> Moc. y Sessé ex DC.	Hgo.	
Cupressaceae	<i>Cupressus</i>	<i>Cupressus arizonica</i> Greene	Coah. N.L.	Pr

Cupressaceae	<i>Cupressus</i>	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Dgo. Zac.	Pr
Oleaceae	<i>Fraxinus</i>	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Dgo.	
Cupressaceae	<i>Juniperus</i>	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Chih. Dgo. Hgo.	
Pinaceae	<i>Picea</i>	<i>Picea chihuahuana</i> Martínez	Chih. Dgo.	P
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltld.	Tlax.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	Chih. Dgo.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	Gto.	Pr
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus cooperi</i> C.E.Blanco	Dgo. Zac.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	Chih. Dgo. Zac.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.	Coah.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Coah. N.L. Qro.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltld. y Cham.	Chih. Dgo.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus lumholtzii</i> B.L.Rob y Fernald	Chih.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus rudis</i> Endl.	Coah.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	Chih. Dgo. Coah. N.L. Gto.	Pr
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltld. y Cham.	Hgo. Pue. Tlax.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltld. y Cham.	Qro.	
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	N.L. Tam. Pue. Tlax	
Salicaceae	<i>Populus</i>	<i>Populus tremuloides</i> Michx.	Chih.	
Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Coah.	
Pinaceae	<i>Pseudotsuga</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	Chih. Dgo. Zac. Coah. N.L. Tam. Gto. Hgo. Pue. Qro. Tlax	Pr
Taxaceae	<i>Taxus</i>	<i>Taxus globosa</i> Schltld.	N.L.	Pr
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus affinis</i> Scheidw.	N.L.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus arizonica</i> Sarg.	Chih.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	Dgo. Qro.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus crassipes</i> Bonpl.	Hgo.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus eduardii</i> Trel.	Zac.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus fulva</i> Liebm.	Chih.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus greggii</i> (A.DC.) Trel.	Coah. Qro.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus hartwegii</i> Benth.	Zac.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus laeta</i> Liebm.	Dgo.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	Hgo. Pue. Tlax.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus rugosa</i> Née	Dgo. Hgo. Pue. Tlax.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus saltillensis</i> Trel.	Coah.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus sideroxylla</i> Bonpl.	Chih. Dgo. Zac.	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus tuberculata</i> Liebm.	Chih.	

Pr: sujeta a protección especial, A: amenazada; P: peligro de extinción.

Estructura horizontal

El Índice de Valor de Importancia (IVI) permite conocer la estructura horizontal y dinámica del bosque y muestra las especies más adaptadas y de mayor relevancia ecológica en una comunidad (Matteucci y Colma, 1982; Lamprecht, 1990). A nivel nacional en la provincia de la

Faja Volcánica Transmexicana en Puebla y Tlaxcala *Pseudotsuga menziesii* presentó los valores más altos de IVI, con cifras superiores al 50% (Figura 3), la segunda especie más relevante en estos Estados fue *Quercus laurina* con valores de 16.28 y 18.93%, respectivamente, la alta dominancia de *Pseudotsuga* refleja una mejor adaptación a las condiciones ambientales de estos hábitats e inhibe el establecimiento de otras especies. En Querétaro *Pseudotsuga* y *Quercus greggii* fueron las especies más relevantes con aproximadamente un 27% cada una.

En la región de la SMO en los estados de Chihuahua y Durango *Pseudotsuga menziesii* registra valores similares con 27.04 y 29.11% de IVI, en Chihuahua las especies de pino más representativas son *Pinus arizonica* (16.13%) y *Pinus strobiformis* (9.39%), y en Durango es *Pinus durangensis* con 8.60%; en ambas entidades la especie más relevante de encino es *Quercus sideroxyla* con un IVI del 10.62 y 21.09% respectivamente. En Zacatecas los taxones más importantes son *Quercus sideroxyla* con 35.82%, *Pseudotsuga menziesii* con 33.09% y *Quercus eduardii* con 12.19%. En esta provincia fisiográfica la competencia entre especies es más equilibrada, ya que ninguna presentó más del 40% del Índice de Valor de Importancia (Guzmán-Lucio, 2009), en esta región los valores de IVI muestran que existe una mayor heterogeneidad estructural del bosque (Zhang *et al.*, 2015; Tan *et al.*, 2017; Noulèkoun *et al.*, 2021).

A diferencia de las otras provincias fisiográficas, en la SMOR la especie dominante es *Abies vejarii*, con un IVI que oscila entre 35 y 55%, y *Pseudotsuga menziesii* es la especie codominante con valores de 20 a 41%, estas dos especies son las mejor adaptadas en estas comunidades y en conjunto representan el 55.82, 73.69 y 97.13% del valor de importancia total para Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas, respectivamente.

El género *Abies* es uno de los que con mayor frecuencia convive con *Pseudotsuga menziesii*, se presenta en todas las entidades federativas con excepción de Zacatecas. En Chihuahua y Durango se asocia principalmente con *Abies durangensis* (Moreno-Valdez *et al.*, 2018; García-García *et al.*, 2020); en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas con *Abies vejarii* (González Cubas, 2019) y en Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Querétaro con *Abies religiosa* (Domínguez Álvarez. *et al.*, 2004; Ventura-Ríos *et al.*, 2010; Guerra-De la Cruz *et al.*, 2012); otra especie común en estos bosques es *Pinus strobiformis*, lo que es similar a lo documentado por González-Elizondo *et al.*, (2012). Lo anterior, se debe a que comparten condiciones ecológicas similares en las partes altas de las montañas en zonas húmedas y sombrías con pendientes pronunciadas y exposiciones hacia el norte (Ledig *et al.*, 2000); (Aguirre-Calderón *et al.*, 2003) (Rzedowski, 2006), lo que propicia una mayor disponibilidad de nutrientes y alta humedad atmosférica y del suelo, debido a un menor déficit hídrico y evapotranspiración, por la menor insolación solar y bajas temperaturas (López-Gómez *et al.*, 2012).

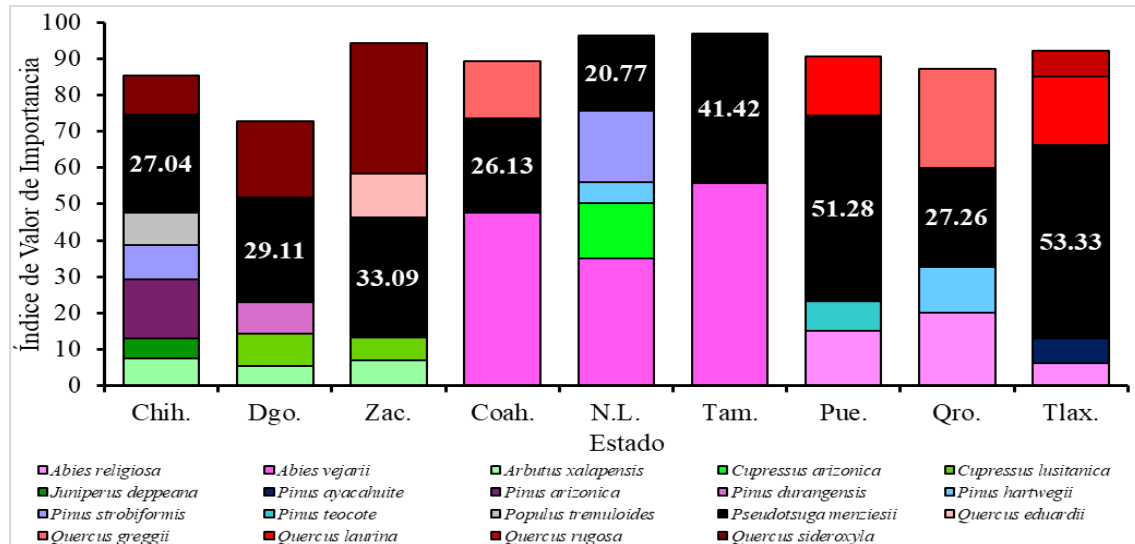


Figura 3. Índice de Valor de Importancia de las comunidades de *Pseudotsuga* a nivel estatal (la gráfica no contiene especies que registraron un valor menor al 5% del IVI en cada Estado).
Figure 3. Importance Value Index of *Pseudotsuga* communities at the state level (the graph does not include species with an IVI value less than 5% in each state).

Domínguez-Álvarez *et al.*, (2004) señalan que a nivel nacional *Pseudotsuga menziesii* no es la especie dominante en las comunidades donde habita; sin embargo, los resultados del presente estudio muestran, que existen localidades en Puebla, Tlaxcala, Tamaulipas, Chihuahua, Durango y Coahuila donde *Pseudotsuga menziesii* es la de mayor importancia (Tabla 1).

Índices de diversidad

A nivel Estatal el índice Shannon-Wiener (H') indica que existe una baja y media diversidad en el estrato arbóreo de las comunidades de *Pseudotsuga* con valores de H' que oscilan entre 0.80 y 2.23, estos valores de H' coinciden con los reportados en distintos bosques templados (Sullivan *et al.*, 2000; Battles *et al.*, 2001; Liang *et al.*, 2007; Crotteau *et al.*, 2013; Peter y Harrington, 2018; Holguín-Estrada *et al.*, 2021; Villela-Suárez *et al.*, 2021; López-Serrano *et al.*, 2022; Peláez-Mora *et al.*, 2022). El índice de Pielou (J) en Coahuila y Tamaulipas presentan los valores más bajos de equidad con 0.41 y 0.58, debido a que en estos bosques *Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii* presentan una alta dominancia en sus abundancias relativas, a diferencia de las demás entidades donde existe una alta equidad con valores superiores al 0.70 (Tabla 5).

De acuerdo con la prueba de t (Hutcheson) se encontró que existe diferencia significativa de diversidad en los bosques analizados de *Pseudotsuga*; Chihuahua con H' de 2.24 y Durango con H' de 2.22 fueron los de mayor valor y mostraron diferencia significativa con los demás Estados. En general la baja diversidad de estos bosques puede deberse a que se localizan en las partes altas de la sierra y de acuerdo con Boyle (1996); Alvizu-Díaz (2004); Encina-Domínguez *et al.*, (2008); Botero-Arias (2011) la diversidad y riqueza de árboles disminuye conforme aumenta la altitud; otros factores que inciden son la sucesión natural, actividades antrópicas, mecanismos de adaptación y factores biofísicos.

Con los valores obtenidos de diversidad verdadera se comparó la magnitud de la diferencia significativa que hay en los bosques estudiados; Chihuahua con 9.36 especies efectivas es 1.75 veces más diverso que Nuevo León que ocupó el tercer lugar y 4.21 veces más que Tamaulipas que registró el menor valor (Tabla 5).

Tabla 5. Índices de diversidad y prueba de t de Hutcheson.
Table 5. Diversity indices and Hutcheson's t-test.

Estado	H'	índice de Pielou (J)	Diversidad verdadera	Prueba t de Hutcheson
Chih.	2.24	0.82	9.36	a
Dgo.	2.22	0.83	9.23	a
N.L.	1.67	0.76	5.33	b
Qro.	1.66	0.76	5.28	b
Zac.	1.58	0.76	4.86	c
Coah.	1.45	0.41	4.27	d
Tam.	0.80	0.58	2.22	e

Índice de similitud Morisita-Horn

De acuerdo con el índice cuantitativo de Morisita se formaron tres grupos que corresponden a las provincias fisiográficas SMOR, SMO y FVTM (Figura 4); las localidades de la SMOR forman un grupo con una afinidad mayor al 75%, Coahuila y Tamaulipas presentaron el valor más alto con 97%. En la SMO los Estados analizados muestran una semejanza aproximada del 70%; y en la FVTM Puebla y Tlaxcala tienen una similitud superior al 98%. Los altos valores de afinidad dentro de cada provincia posiblemente se deben a las condiciones biofísicas similares que existen en las mismas.

Por otra parte, existe una semejanza de 55% y 44% de la SMO y SMOR con la FVTM respectivamente, lo que probablemente se deba a la conectividad que existe entre estas cordilleras, sin embargo, el valor más bajo se presentó entre la SMO y SMOR con un 35%. Estos resultados difieren a los reportados por Vargas-Hernández *et al.*, (2003) quienes señalan una baja similitud entre regiones con un valor máximo de 13% entre la provincia SMOR y SMO, y un valor mínimo de 5% en el SMOR y FVTM.

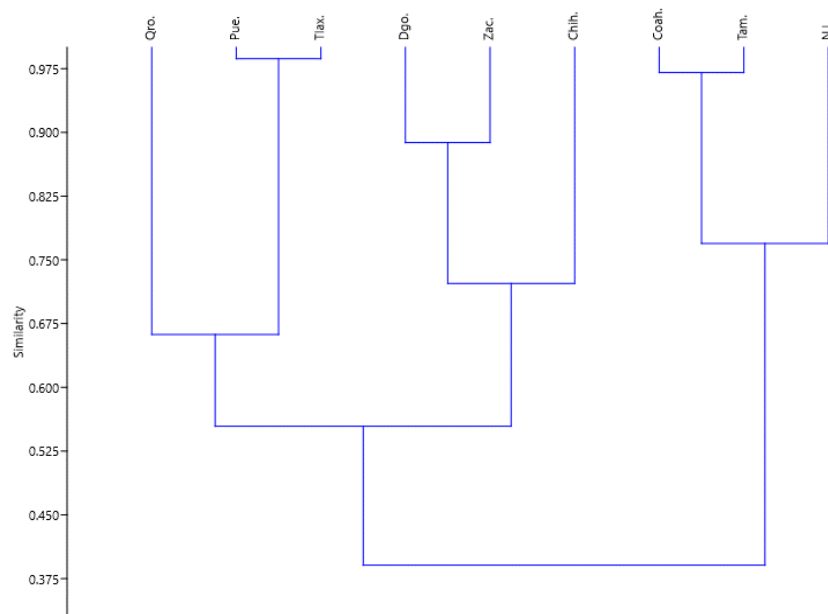


Figura 2. Índice de similitud de Morisita-Horn a nivel nacional en bosques de *Pseudotsuga menziesii*.
Figure 2. Morisita-Horn similarity index at the national level in *Pseudotsuga menziesii* forests.

CONCLUSIONES

Las comunidades de *Pseudotsuga menziesii* se distribuyen de manera discontinua en las partes altas de las montañas en hábitats especializados, conformados por diversas especies endémicas y/o en alguna categoría de riesgo, estos bosques son parte importante de la riqueza florística, genética y ecosistémica de México, y se consideran Áreas de Alto Valor de Conservación. Existe heterogeneidad en la estructura, composición, diversidad y similitud entre las diferentes provincias fisiográficas, presentándose la mayor diversidad en los estados de Chihuahua y Durango, lo que favorece una mayor variedad de hábitats y nichos ecológicos, y por consecuencia un mejor funcionamiento y estabilidad de los ecosistemas. La evaluación y monitoreo de las actividades antrópicas y cambio climático en la composición, estructura y funcionamiento de estos bosques es trascendental para una mejor gestión y conservación de estas áreas, y así mantener o mejorar la calidad y cantidad de los servicios ambientales que proporcionan a la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento por las observaciones, recomendaciones y aportaciones proporcionadas por los diversos revisores, mismas que fueron de gran ayuda para mejorar la calidad de la investigación.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Kramer, H., & Akça, A. (2003). Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL*, 6(2), 219–225. <https://doi.org/http://eprints.uanl.mx/1220/1/analisisecosistemas.pdf>
- Alvizu Díaz, P. E. (2004). *Complejidad y respuesta funcional de la vegetación de páramo a lo largo de gradientes altitudinales* [Doctoral]. Universidad de los Andes.
- Battles, J. J., Shlisky, A. J., Barrett, R. H., Heald, R. C., & Allen-Diaz, B. H. (2001). The effects of forest management on plant species diversity in a Sierran conifer forest. *Forest Ecology and Management*, 146(1–3), 211–222. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00463-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00463-1)
- Blancarte-Contreras, E., Corral-Rivas, S., Domínguez-Gómez, T. G., Lujan-Soto, J. E., Goche-Télles, J. R., & Montiel-Antuna, E. (2022). Improving the Physical, Mechanical and Energetic Characteristics of Pine Sawdust by the Addition of up to 40% Agave durangensis Gentry Pellets. *Energies*, 15(10), 3711. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en15103711>
- Botero Arias, M. A. (2011). *Estructura de las comunidades de mamíferos carnívoros en un gradiente altitudinal en el estado de Oaxaca, México* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/173
- Boyle, B. L. (1996). *Changes on altitudinal and latitudinal gradients in Neotropical montane forests* [Doctoral degree]. Washington University.
- Bridgeland, W. T., Beier, P., Kolb, T., & Whitham, T. G. (2010). A conditional trophic cascade: Birds benefit faster growing trees with strong links between predators and plants. *Ecology*, 91(1), 73–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.1890/08-1821.1>
- Cardinale, B. J., Matulich, K. L., Hooper, D. U., Byrnes, J. E., Duffy, E., Gamfeldt, L., Balvanera, P., O'Connor, M. I., & Gonzalez, A. (2011). The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany*, 98(3), 572–592. <https://doi.org/https://doi.org/10.3732/ajb.1000364>

- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). *Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., Ed.; Vol. 1).
- Chávez-Aguilar, G., Pérez-Suárez, M., Gayosso-Barragán, O., López-López, M. Á., & Ángeles-Pérez, G. (2022). El manejo forestal acelera la acumulación de biomasa aérea en un bosque templado del centro de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 29(1), 15–33. <https://doi.org/https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.03.014>
- CONAFOR. (2014). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009 – 2014. Informe de resultados*. <https://snmf.cnf.gob.mx/principalesindicadoresforestalesciclo-2009-2014/>
- CONAFOR. (2018). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos Informe de resultados 2009 – 2014*.
- CONAFOR. (2021). *Estado que guarda el sector forestal en México. Bosques para el bienestar social y climático*.
- CONANP. (2017). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Cerro Mohinora* (1st ed.).
- Crotteau, J. S., Varner, J. M., & Ritchie, M. W. (2013). Post-fire regeneration across a fire severity gradient in the southern Cascades. *Forest Ecology and Management*, 287, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.022>
- Dávila-Lara, M. A., Aguirre-Calderón, O. A., Jurado-Ybarra, E., Treviño-Garza, E., González-Tagle, M. A., & Trincado-Villagrán, G. F. (2019). Estructura y diversidad de especies arbóreas en bosques templados de San Luis Potosí, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18). <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2112>
- Delgado-Zamora, D. A., Heynes-Silerio, S. A., Mares-Quinones, M. D., Piedra-Leandro, N. L., Retana-Rentería, F. I., Rodríguez-Corral, K., Villanueva-Hernández, A. I., González-Elizondo, M. del S., & Ruacho-González, L. (2016). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 94–107.
- Domínguez Álvarez., F. A., Vargas Hernández., J. J., López Upton., J., Ramírez Vallejo., P., & Guízar Nolzaco., E. (2004). Aspectos ecológicos de *Pseudotsuga menziesii* en el ejido La Barranca, Pinal de Amoles, Querétaro. *Anales Del Instituto de Biología*, 75(2), 191–203. <https://doi.org/http://revistas.unam.mx/index.php/bot/article/view/14656>
- Domínguez Álvarez, F. A., Vargas Hernández, J. J., López Upton, J., Ramírez Vallejo, P., & Guízar Nolzaco, E. (2004). Aspectos ecológicos de *Pseudotsuga menziesii* en el ejido La Barranca, Pinal de Amoles, Querétaro. *Anales Del Instituto de Biología*, 75(2), 191–203.
- Domínguez-Calleros, P. A., Chávez-Flores, G. A., Rodríguez-Téllez, E., Corral-Rivas, J. J., Goche-Telles, J. R., & Díaz-Vázquez, M. A. (2014). Caracterización silvícola de *Pseudotsuga menziesii* en la reserva de la biosfera “La Michilía.” *Madera y Bosques*, 20(2), 23–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2014.202161>
- Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez, F. J., Mata-Rocha, E., & Valdes-Reyna, J. (2008). Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 83, 13–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.17129/botsci.1785>
- Estrada-Valdés, G. (2018). *Efecto del aprovechamiento forestal sobre la estructura y composición de un bosque templado del Estado de México* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/95196>
- FAO. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020*. FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- García-García, S. A., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Treviño-Garza, E. J., & Graciano-Ávila, G. (2020). Contenido de carbono y estructura horizontal de un bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(63). <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.800>

- García-García, S. A., Narváez-Flores, R., Olivas-García, J. M., & Hernández-Salas, J. (2019). Diversidad y estructura vertical del bosque de pino-encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.173>
- Gobierno del Estado de Chihuahua. (2013). *Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Chihuahua, escala 1:50,000* (Secretaría de Desarrollo Rural Dirección de Desarrollo Forestal, Ed.).
- González C., R., Treviño G., E. J., González T., M. A., Duque M., Á., & Gómez C., M. (2018). Diversidad y estructura arbórea en un bosque de *Abies vejarii* Martínez en el sur del estado de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 36–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.142>
- González Cubas, R. (2019). *Evaluación del estado actual de las poblaciones de Abies vejarii Martínez en el noreste de México* [Tesis doctoral]. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- González Elizondo, M. S., González Elizondo, M., Tena Flores, J. A., Ruacho González, L., & López Enríquez, I. L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana*, 100, 351–403.
- González-Cubas, R. (2019). *Evaluación del estado actual de las poblaciones de Abies vejarii Martínez en el noreste de México* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/19611/>
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., & Márquez-Linares. M. A. (2007). *Vegetación y ecorregiones de Durango* (Plaza y Valdés Editores-Instituto Politécnico Nacional, Ed.).
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Luján-Soto, J. E. (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 535–542. <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1114>
- Guerra-De la Cruz, V., López-Domínguez, J. C., López-Upton, J., Bautista-Sampayo, C., & Hernández-García, L. (2012). Estructura silvícola de poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en Tlaxcala y Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(13), 73–88. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i13.490>
- Guzmán-Lucio, M. A. (2009). *Distribución, sistemática, y algunos aspectos ecológicos del mezquite Prosopis spp. (L.) en el estado de Nuevo León, México* [Tesis de doctorado]. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Holguín-Estrada, V. A., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Yerena-Yamalle, J. I., & Pequeño-Ledezma, M. Á. (2021). Estructura y composición florística de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 27(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722123>
- Hutcherson, K. (1970). “A test for comparing diversities based on the shannon formula.” *Journal of Theoretical Biology*, 29(1), 151–154. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-5193\(70\)90124-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-5193(70)90124-4)
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas: posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. (Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Ed.). <http://www.worldcat.org/title/silvicultura-en-los-tropicos-los-ecosistemas-forestales-en-los-bosques-tropicales-y-sus-especies-arboreasposibilidades-y-metodos-para-un-aprovechamiento-sostenido/oclc/503255833>
- Lavender, D. P., & Hermann, R. K. (2014). *Douglas-fir: The Genus Pseudotsuga* (Forestry Research Publications Office, Ed.). <https://ir.library.oregonstate.edu/concern/defaults/sf268560k>
- Ledig, F. T., Mápula-Larreta, M., Bermejo-Velázquez, B., Reyes-Hernández, V., Flores-López, C., & Capó-Arteaga, M. A. (2000). Locations of endangered spruce populations in Mexico and the demography of *Picea chihuahuana*. *Madroño*, 71–88.

- Leitner, W., & Turner, W. R. (2001). Measurement and Analysis of Biodiversity. In *Encyclopedia of Biodiversity* (Vol. 4, pp. 123–144). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.02385-2>
- Liang, J., Buongiorno, J., Monserud, R. A., Kruger, E. L., & Zhou, M. (2007). Effects of diversity of tree species and size on forest basal area growth, recruitment, and mortality. *Forest Ecology and Management*, 243(1), 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.02.028>
- López-Gómez, V., Zedillo-Avelleyra, P., Anaya-Hong, S., González-Lozada, E., & Cano-Santana, Z. (2012). Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y ecomorfología de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae). *Botanical Sciences*, 90(4), 453–457. <https://doi.org/10.17129/botsci.473>
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-González, J. C., González-Tagle, M. A., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla. *Madera y Bosques*, 23(1), 39–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- López-Sánchez, J. Á., Méndez-González, J., Zermeño-González, A., Cerano-Paredes, J., & García-Aranda, M. A. (2017). Impacto de descortezadores en el incremento radial de *Pinus teocote* Schiede. ex Schltdl. & Amp; Cham. y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(41), 82–108. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i41.27>
- López-Serrano, P. M., Vega-Nieva, D. J., Corral-Rivas, J. J., Briseño-Reyes, J., & Antúnez, P. (2022). Diversidad e importancia ecológica de la vegetación arbórea en el Parque El Tecuán en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(74), 34–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i74.1273>
- Lozada-Dávila, J. R. (2010). Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana*, 54(1), 77–88.
- Luna, I., Morrone, J., & Espinosa, D. (2004). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. UNAM-CONABIO.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.
- Margalef, R. (1972). *Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity*. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación* (Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía (22), Ed.).
- Méndez-Osorio, C. (2018). *Estructura y composición de especies arbóreas en bosques templados de la sierra madre del sur, México* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/16796/>
- Monárrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A., & González-Elizondo, M. del S. (2018). Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*, 24(2), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Manual y tesis SEA* (U. y S. Cooperación Iberoamericana, Ed.; Vol. 1).
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1249–1261. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- Moreno-Valdez, M. E., Domínguez-Gómez, T. G., Alvarado, M. del S., Colín, J. G., Corral-Rivas, S., & González-Rodríguez, H. (2018a). Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 70–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.180>
- Moreno-Valdez, M. E., Domínguez-Gómez, T. G., Alvarado, M. del S., Colín, J. G., Corral-Rivas, S., & González-Rodríguez, H. (2018b). Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 70–93. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.180>

- Morisita, M. (1959). Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Memories Faculty Of Science Kyushu University Series E Biology*, 3, 65–80.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*.
- Muñoz-Flores, H. J., Sáenz-Reyes, J. T., Barrera-Ramírez, R., Gómez-Cárdenas, M., & Hernández-Ramos, J. (2022). Selección de árboles superiores de *Pinus pseudostrobus*, altamente productores de resina en Michoacán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3334>
- Noulèkoun, F., Birhane, E., Mensah, S., Kassa, H., Berhe, A., Gebremichael, Z. M., Adem, N. M., Seyoum, Y., Mengistu, T., Lemma, B., Hagazi, N., & Abrha, H. (2021). Structural diversity consistently mediates species richness effects on aboveground carbon along altitudinal gradients in northern Ethiopian grazing exclosures. *Science of The Total Environment*, 776. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145838>
- Peláez-Mora, R., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., & Villanueva-Díaz, J. (2022). Estructura forestal y análisis de suelos en un programa de pago por servicios ambientales en la cuenca del río Nazas. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 87. <https://doi.org/https://doi.org/10.33064/iycaua2022873741>
- Peter, D. H., & Harrington, T. B. (2018). Effects of forest harvesting, logging debris, and herbicides on the composition, diversity and assembly of a western Washington, USA plant community. *Forest Ecology and Management*, 417, 18–30. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.01.045>
- Ramírez-Santiago, R., Ángeles-Pérez, G., Hernández-de La Rosa, P., Cetina-Alcalá, V. M., Plascencia-Escalante, O., & Clark-Tapia, R. (2019). Efectos del aprovechamiento forestal en la estructura, diversidad y dinámica de rodales mixtos en la Sierra Juárez de Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 25(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531818>
- Rodríguez-Pacheco, A., Palacios Rangel, M. I., Mohedano Caballero, L., & Villanueva Morales, A. (2023). Estructura y diversidad arbórea de un bosque de pino-encino en Huiztlatzala, Guerrero, México. *Polibotánica*, 55, 25–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.3>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México, México* (Limusa S. A., Ed.; 1st ed.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sánchez-González, A. (2016). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*, 14(1), 107–120. <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1411222>
- Spellerberg, I. (2005). *Monitoring ecological change* (2nd ed.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Sullivan, T. P., Sullivan, D. S., & Lindgren, P. M. F. (2000). Small mammals and stand structure in young pine, seed-tree, and old-growth forest, southwest Canada. *Ecological Applications*, 10(5), 1367–1383.
- Tan, S., Wang, R., Gong, X., Cai, J., & Shen, G. (2017). Scale dependent effects of species diversity and structural diversity on aboveground biomass in a tropical forest on Barro Colorado Island, Panama. *Biodiversity Science*, 25(10), 1054–1064. <https://doi.org/10.17520/biods.2017155>
- Thompson, I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasylva Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 62(238), 25–30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3925424>
- Valencia, A., S., (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 75, 33–53.
- Vargas-Hernández, J., López-Upton, J., Reyes-Hernández, V. J., Domínguez-Álvarez, F. A., & Mapula-Larreta, M. (2003). *Natural populations of Douglas-fir in Mexico: current status and needs for conservation*. J Beaulieu, ed. *Silviculture and the conservation of genetic resources for sustainable forest management: proceedings of the symposium of*

Recibido:
6/julio/2023

Aceptado:
8/enero/2024

- the North American forest commission, forest genetic resources and silviculture working groups, and the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO)*. (pp. 26–36).
- Ventura-Ríos, A., López-Upton, J., Vargas-Hernández, J. J., & Guerra-de la Cruz, V. (2010a). Caracterización de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en el centro de México. Implicaciones para su conservación. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(2), 107. <https://doi.org/10.35196/rfm.2010.2.107>
- Villagómez Loza, M. A., & Bello González, M. A. (2018). *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *glauca* (Beissn.) Franco: nuevo registro para Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30), 66–73. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30.208>
- Villanueva-Díaz, J., Stahle, D. W., Cleaveland, M. K., & Therrell, M. D. (2000). Estado actual de la dendrocronología en México. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 25(88), 5–36.
- Villela-Suárez, J. M., Geraldine García-Espinoza, G., Marroquín-Castillo, J. J., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., & Alanís-Rodríguez, E. (2021). Composición y diversidad arbórea de un bosque de coníferas en el suroeste de Chihuahua, México. *E-CUCBA*, 9(17), 96–103. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi17.217>
- Zavala-Chávez, F. (1998). Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica*, 8, 47–64.
- Zhang, Y., Chen, H. Y. H., & Coomes, D. (2015). Individual size inequality links forest diversity and above-ground biomass. *Journal of Ecology*, 103(5), 1245–1252. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12425>