



DOI: 10.29298/rmcf.v15i85.1471

Artículo de investigación

## **Distribución, estructura y diversidad de bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en la Sierra Madre Occidental en Chihuahua**

### **Distribution, structure and diversity of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco forests in the Sierra Madre Occidental in Chihuahua**

Emanuel Molina Marchan<sup>1</sup>, Raúl Narváez Flores<sup>1\*</sup>, Jesús Miguel Olivas García<sup>1†</sup>, Javier Hernández Salas<sup>1</sup>, Aldo Saúl Mojica Guerrero<sup>2</sup>

Fecha de recepción/Reception date: 6 de marzo de 2024.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 28 de junio de 2024.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. México.

\*Autor por correspondencia; correo-e: rnarvaez@uach.mx

\*Corresponding autor; e-mail: rnarvaez@uach.mx

#### **Resumen**

En México, *Pseudotsuga menziesii* está "sujeta a protección especial" por su distribución restringida en poblaciones pequeñas y aisladas en las Sierras Madre Occidental y Oriental, y algunas localidades del Centro de México. Actualmente, son escasos los estudios ecológicos que permitan implementar estrategias para su conservación. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la distribución, estructura y diversidad de bosques mixtos con presencia de esta especie en Chihuahua. Mediante la Carta de Uso de Suelo y Vegetación de Chihuahua escala 1:50 000, coordenadas geográficas del Inventario Estatal Forestal y de Suelos (Iefys) 2009-2014 y registros de diversas localidades, se elaboró el mapa de su distribución en el estado. Con la información del estrato arbóreo de 11 localidades del Iefys se determinó el Índice de Valor de Importancia (IVI) y la diversidad con el Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y de Equidad de Pielou ( $J'$ ); la prueba de  $t$  de Hutcheson se utilizó para obtener diferencias significativas de  $H'$  y la diversidad verdadera para la magnitud de sus diferencias. Se registraron 21 especies, las de mayor importancia fueron *Pinus durangensis*, *Pinus strobiformis*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus arizonica* y *Quercus sideroxyla*. La especie de interés se distribuye en 23 municipios de Chihuahua, y comprende una superficie aproximada de 17 000 ha. Los valores de  $H'$  (<2.00) y  $J'$  (>0.70) indican una baja diversidad y una alta equidad de sus abundancias. El presente estudio contribuirá a la Estrategia Estatal para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad de especies en riesgo.

**Palabras clave:** Ayarín, conservación biológica, ecosistemas templados, Índice de Valor de Importancia, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, riqueza florística.

#### **Abstract**

*Pseudotsuga menziesii* is "subject to special protection". In Mexico due to its restricted distribution in small and isolated populations in the Sierra Madre Occidental and Oriental, and some localities in Central Mexico.

Currently, few ecological studies allow implementation strategies for its conservation. Therefore, the objective of the present study was to determine the distribution, structure and diversity of mixed forests with the presence of this species in *Chihuahua*. Using the Land Use and Vegetation Chart of *Chihuahua* State scale 1:50 000, geographical coordinates of the State Forest and Soil Inventory (*Iefys*) 2009-2014 and records of various locations, the map of its distribution in the state was prepared. With the information on the tree stratum of 11 *Iefys* locations, the Importance Value Index (*IVI*) and diversity were determined with the Shannon-Wiener index ( $H'$ ) and Pielou's evenness index ( $J'$ ); Hutcheson's *t-test* was used to obtain significant differences in  $H'$  and true diversity for the magnitude of their differences. 21 species were recorded, of which the most important are *Pinus durangensis*, *Pinus strobiformis*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus arizonica* and *Quercus sideroxylla*. The species of interest is distributed in 23 municipalities of *Chihuahua*, and covers an approximate area of 17 000 ha. The values of  $H'$  ( $<2.00$ ) and  $J'$  ( $>0.70$ ) indicate low diversity and high evenness of their abundances. The present study will contribute to the State Strategy for the Conservation and Sustainable Use of the Biodiversity of species at risk.

**Key words:** Oregon pine, biological conservation, temperate ecosystems, Importance Value Index, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, floristic richness.

## Introducción

El estado de Chihuahua es el más grande de la república mexicana, tiene una gran diversidad de especies y ecosistemas, una de las asociaciones más representativas son sus bosques templados, con una superficie de 7.4 millones de hectáreas (Inegi, 2018); se distribuyen en la parte norte de la Sierra Madre Occidental (SMO) que ha sido reconocida como megacentro de diversidad (Felger *et al.*, 1997). En estos ecosistemas sobreviven numerosas especies endémicas, o que están clasificadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Royo-Márquez *et al.*, 2014), como *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, especie "sujeta a protección especial" que habita en pequeñas poblaciones discontinuas en las partes elevadas de las montañas (Rzedowski, 2006; Mápula-Larreta *et al.*, 2007).

A la fecha, son escasos los trabajos en México con un enfoque ecológico que se han realizado para especies dentro de alguna categoría de riesgo (Pompa-García *et al.*, 2017); tal es el caso de *Pseudotsuga menziesii* que solo reúne algunos estudios

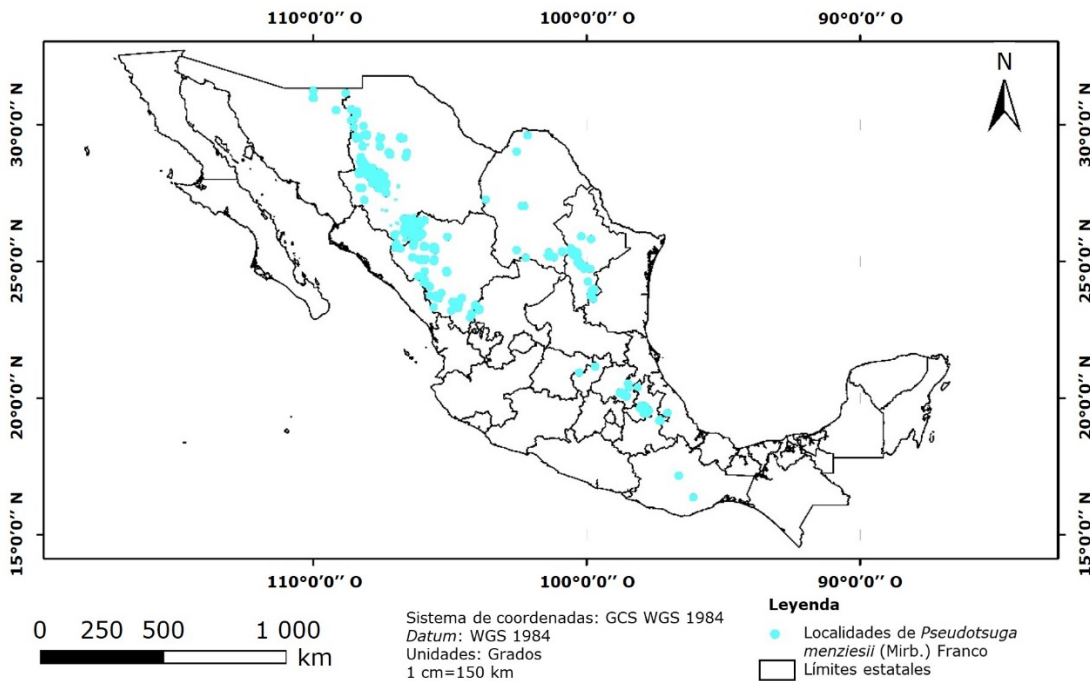
sobre diversidad y estructura en la Sierra Madre Occidental (Moreno *et al.*, 2018; García *et al.*, 2020; García-García *et al.*, 2021; Molina-Marchan *et al.*, 2024a). Ventura *et al.* (2010) señalan que se requiere mayor investigación sobre la distribución de dichas poblaciones y su estatus actual. Asimismo, Martínez-Sifuentes *et al.* (2022) reafirman la importancia de la conservación de sus hábitats ante las afectaciones de cambio climático y actividades antrópicas, además resaltan el desarrollo de medidas de preservación con base en su distribución, densidad y condiciones en las que se desarrollan. Este tipo de estudios contribuyen al conocimiento del estado de los bosques y su respuesta a los impactos naturales y antropogénicos, con el fin de monitorear y ejecutar planes de manejo y conservación (Spellerberg, 1991).

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar la distribución, estructura y diversidad del estrato arbóreo de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* en el estado de Chihuahua, con el fin de contribuir a la Estrategia Estatal para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), mediante los ejes estratégicos 1, 4 y 7 que corresponden al conocimiento científico y manejo de la información para la protección, conservación y atención de las amenazas a la biodiversidad (Cruz *et al.*, 2015).

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

Los bosques de *Pseudotsuga* a escala nacional cubren una superficie de 57 000 ha distribuidas en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Figura 1) (Molina-Marchan *et al.*, 2024b). De acuerdo con la clasificación de climas de García (2004), las zonas donde prosperan la mayoría de las poblaciones son templado sub-húmedas, con temperatura media anual entre 10 y 14 °C y una precipitación promedio anual superior a 600 mm.



Fuente: Molina-Marchan *et al.* (2024b).

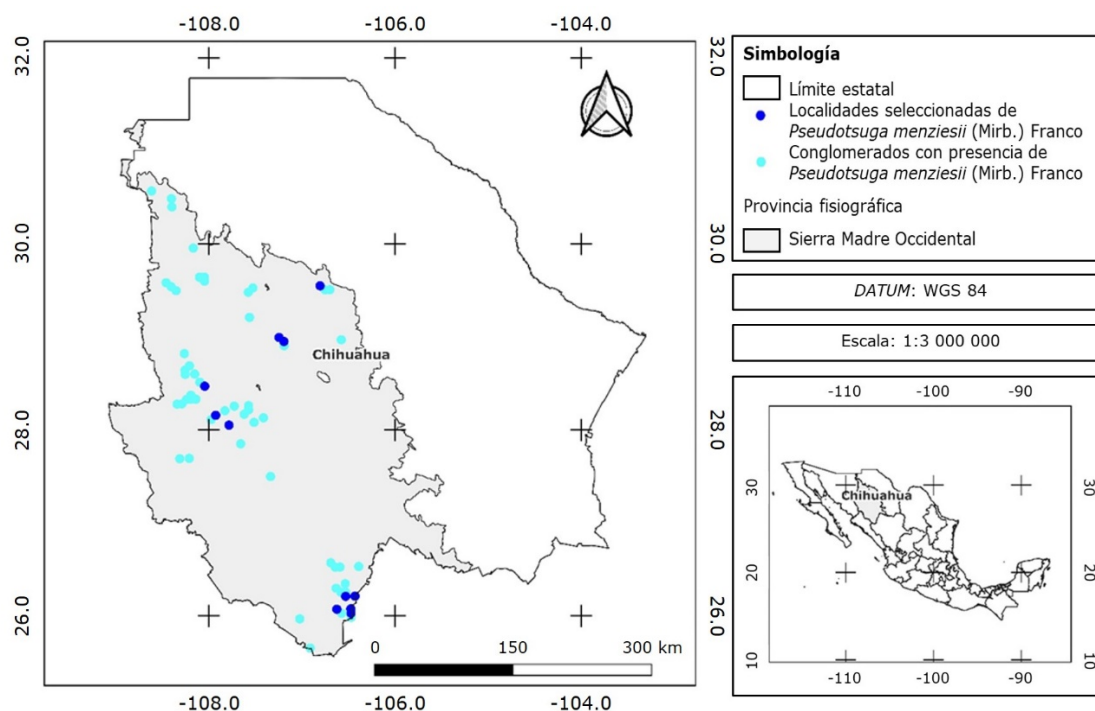
**Figura 1.** Mapa modificado de la distribución de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en México.

En la SMO en Chihuahua, los rodales de *Pseudotsuga* se concentran en altitudes de 2 400 a 3 200 m, con exposiciones orientadas al norte y pendientes de moderadas a

fuertes que fluctúan de 15 a 72 %, condiciones que se presentan en otras regiones del país (Encina-Domínguez *et al.*, 2008; Ventura *et al.*, 2010).

Los suelos son de tipo Feozem, Regosol y Litosol (INEGI, 2014), con profundidades entre 10 y 60 cm, lo que indica que son suelos de baja y media profundidad (Conafor, 2014).

Se utilizó la información de las localidades del Inventario Estatal Forestal y de Suelos del estado de Chihuahua 2009-2014 (Conafor, 2014), donde cada una está conformada por cuatro sitios circulares de 400 m<sup>2</sup> con forma de Y invertida en los que se registró el género y especie de todos los individuos con un diámetro normal mayor o igual a 7.5 cm a la altura de 1.30 m. Se obtuvo la información de 62 localidades con presencia de *Pseudotsuga menziesii* (Figura 2); y con base en el análisis de los datos, se seleccionaron aquellas que poseen un Índice de Valor de Importancia superior a 5 % de la especie (Cuadro 1).



**Figura 2.** Ubicación geográfica de las 11 localidades analizadas con presencia de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

**Cuadro 1.** Descripción de las localidades estudiadas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en el estado de Chihuahua.

Localidad	Municipio	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Tipo de vegetación
Catedral	Guadalupe y Calvo	-106.5296	26.2086696	2 220	QP
Chinatú	Guadalupe y Calvo	-106.625391	26.069766	2 879	PQ
La Hacienda	Guadalupe y Calvo	-106.474656	26.0741194	2 742	PQ
San Julián	Guadalupe y Calvo	-106.472878	26.0286592	2 557	PsP
Basogachi	Ocampo	-107.783333	28.049999	2 450	PQ
Ejido La Posta	Temósachic	-108.043216	28.4691792	2 666	QP
Ejido San Rafael (C1)	Bachíniva	-107.24631	28.9938805	2 461	PsP
Ejido San Rafael (C2)	Cuauhtémoc	-107.192979	28.9505128	2 614	P
Predio particular Álamo Mocho	Guerrero	-107.926481	28.1567	2 695	PQ
Río El Nido	Buenaventura	-106.804856	29.5495114	2 718	QPs
Río Verde	Balleza	-106.4294	26.2113318	2 635	PsP

P = *Pinus*; Q = *Quercus*.; Ps = *Pseudotsuga*.

## Análisis de datos

### Distribución

El área y distribución de *Pseudotsuga menziesii* en el estado se estimó mediante la base de datos de la Carta Uso de Suelo y Vegetación Escala 1:50 000 (Stock

Informático, 2013), que favorece una mayor precisión para estudios de investigación y el manejo de los recursos naturales (Stock Informático, 2013) y los registros con coordenadas del Inventario Estatal Forestal y de Suelos de Chihuahua (Conafor, 2014) a través del programa QGIS 3.30.2 (QGIS Development Team, 2023). También se consideraron las localidades registradas por diversos autores (Villanueva *et al.*, 2000; Vargas-Hernández *et al.*, 2003; Cruz-Nicolás *et al.*, 2008; Sánchez *et al.*, 2012; Cibrián *et al.*, 2014; Conanp, 2017; García *et al.*, 2020).

### **Estructura horizontal**

El Índice de Valor de Importancia (*IVI*) considera los valores absolutos y relativos de abundancia, dominancia y frecuencia (Ecuación 1), es un parámetro cuantitativo de la estructura horizontal e indica el peso ecológico de las especies presentes en una comunidad (Lozada, 2010).

$$IVI = \frac{Ar + Dr + Fr}{3} \quad (1)$$

Donde:

*IVI* = Índice de Valor de Importancia

*Ar* = Abundancia relativa

*Dr* = Dominancia relativa (área basal)

*Fr* = Frecuencia relativa

## Índices de Diversidad

La diversidad se calculó mediante el Índice de *Shannon-Wiener* ( $H'$ ) que considera la abundancia y la riqueza de especies; entre más taxones posea la comunidad y equitativas sean sus abundancias, mayor será su diversidad (Moreno, 2001). Con el Índice de *Pielou* ( $J'$ ) se obtuvo la equidad entre las abundancias de las especies, cuyos valores varían entre cero y uno, y este último representa la máxima equitatividad (Magurran, 2004).

Para determinar si existe diferencia significativa entre las comunidades estudiadas se realizaron comparaciones pareadas a través de la prueba de  $t$  de *Hutcheson* ( $p \leq 0.05$ ) con la siguiente ecuación (Hutcheson, 1970):

$$t = \frac{H'1 - H'2}{\frac{(varH'1 + varH'2)1}{2}} \quad (2)$$

Donde:

$t$  = Prueba de  $t$  de *Hutcheson*

$H'1$  = 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

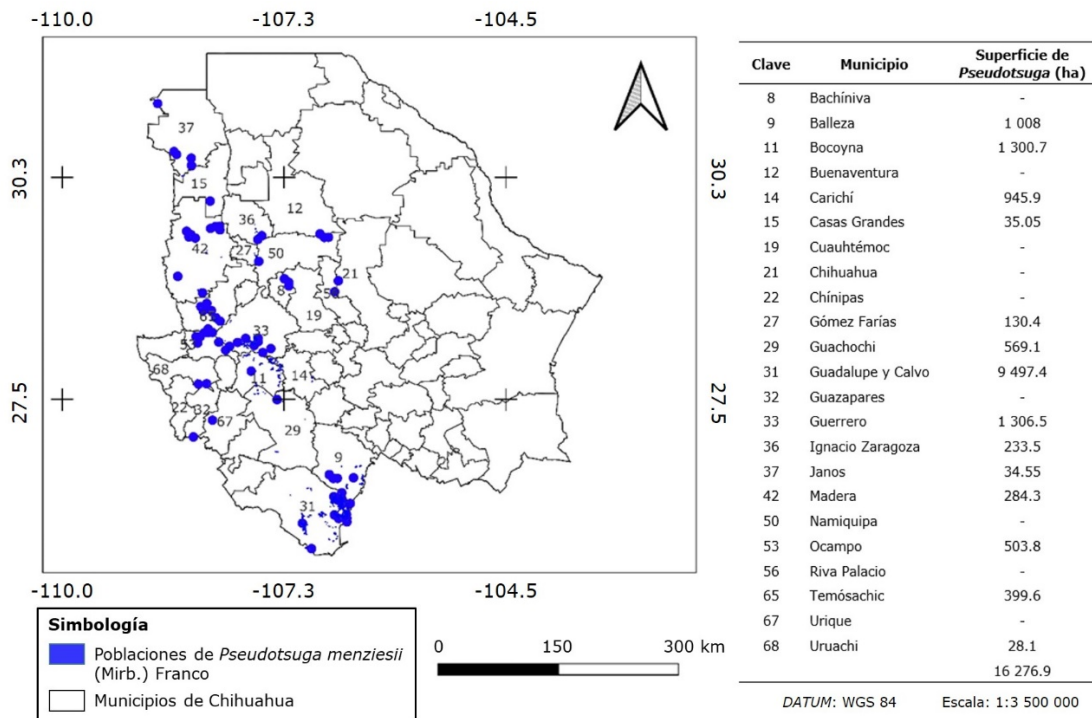


La magnitud de las diferencias significativas en la diversidad se estableció con la diversidad verdadera de orden 1 ( ${}^qD$ ) (Jost, 2006) de la siguiente forma: cuando la comunidad *A* (*CA*) posee mayor diversidad que la comunidad *B* (*CB*), el cociente de  $\frac{CA}{CB}$  refleja las veces que *CA* es más diverso que *CB* (Moreno *et al.*, 2011). Los índices de diversidad se realizaron en el programa estadístico *PAST* versión 4.16 (Hammer *et al.*, 2001).

## **Resultados y Discusión**

### **Distribución**

Los resultados obtenidos del análisis de la Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Chihuahua (Stock Informático, 2013) indicaron que los bosques de *Pseudotsuga menziesii* ocupan una superficie de 16 276.9 ha distribuidas en 14 municipios. Sin embargo, el Inventario Estatal Forestal y de Suelos 2009-2014 registró su presencia en nueve municipios más (Figura 3). Por lo anterior, se calcula que la superficie de estos bosques es de aproximadamente 17 000 ha, que se distribuyen a lo largo de la SMO desde la parte sur en el Área Natural Protegida (ANP) Cerro Mohinora en Guadalupe y Clavo, hasta el norte en el ANP de Janos.



**Figura 3.** Superficie de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco por municipio en el estado de Chihuahua.

De los 23 municipios donde se localizan estas comunidades, las más importantes fueron Guadalupe y Clavo, Guerrero y Bocoyna con 9 497.4 ha, 1 306.5 ha y 1 300.7 ha, respectivamente (Figura 3). La mayor superficie se registró en el municipio Guadalupe y Calvo, posiblemente se relaciona con condiciones biofísicas favorables para su desarrollo, como la precipitación media anual superior a 1 000 mm, la variabilidad de relieves, las temperaturas frías, los suelos fértiles y las altitudes entre 2 200 y 3 200 m (Rzedowski, 2006; Guerra *et al.*, 2012; Moreno *et al.*, 2018; García-García *et al.*, 2024); además, en esta zona se ubica el ANP Cerro Mohinora que corresponde a la parte más alta de la entidad. Los bosques de ayarín en Guadalupe y Calvo forman un corredor biológico importante con el municipio Guanaceví, Durango (Molina-Marchan *et al.*, 2024a).

Cuando esta especie es dominante o codominante en Chihuahua, su densidad de población varía entre 125 a 155 árboles ha<sup>-1</sup> (Conafor, 2014; García *et al.*, 2020), valores inferiores a los referidos por Domínguez-Calleros *et al.* (2014); si se presenta como especie secundaria en bosques de pino-encino y encino-pino, su densidad varía entre 30 y 70 árboles ha<sup>-1</sup>, lo que coincide con Ventura *et al.* (2010). *Picea martinezii* T. F. Patt. registra valores similares como especie dominante y secundaria con densidades de 155 y 52 árboles ha<sup>-1</sup>, respectivamente (González *et al.*, 2018).

Cabe señalar que la distribución de las especies cambia a través del tiempo, ya que están fuertemente influenciadas por las condiciones ambientales y actividades antrópicas, lo que puede poner en riesgo la existencia de algunos taxones y favorecer la permanencia y áreas de distribución de otros (Conabio, 2023). Un ejemplo de ello son los pronósticos de Martínez-Sifuentes *et al.* (2022) quienes señalan que las áreas de distribución potencial de *Pseudotsuga* bajo diferentes escenarios climáticos se reducirán en más de 50 % para el año 2040. A ello habría que agregar el hecho de que estas áreas en México actualmente son afectadas por cambio de uso de suelo, incendios y talas clandestinas (Mápula-Larreta *et al.*, 2007; Velasco-García *et al.*, 2007). Aunado a lo anterior, en Chihuahua y otras entidades del norte se ha detectado la plaga *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins que incide, principalmente, en bosques maduros de esta conífera (Sánchez *et al.*, 2012).

Diversas especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 no se desarrollan en un ANP (Luna-Vega *et al.*, 2010); o su representación es escasa, como los bosques de ayarín que en Chihuahua solo comprenden 2 928.95 ha (18 %) dentro de un ANP (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Superficie de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en áreas naturales protegidas de Chihuahua.

<b>ANP</b>	<b>Categoría de manejo</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Papigochic	Área de Protección de Flora y Fauna	1 283.50
Cerro Mohinora	Área de Protección de Flora y Fauna	663.60
Tutuaca	Área de Protección de Flora y Fauna	423.10
Santuario Cotorra Serrana Occidental	Santuario	420
Campo Verde	Área de Protección de Flora y Fauna	104.20
Janos	Reserva de la Biosfera	34.55
Total		2 928.95

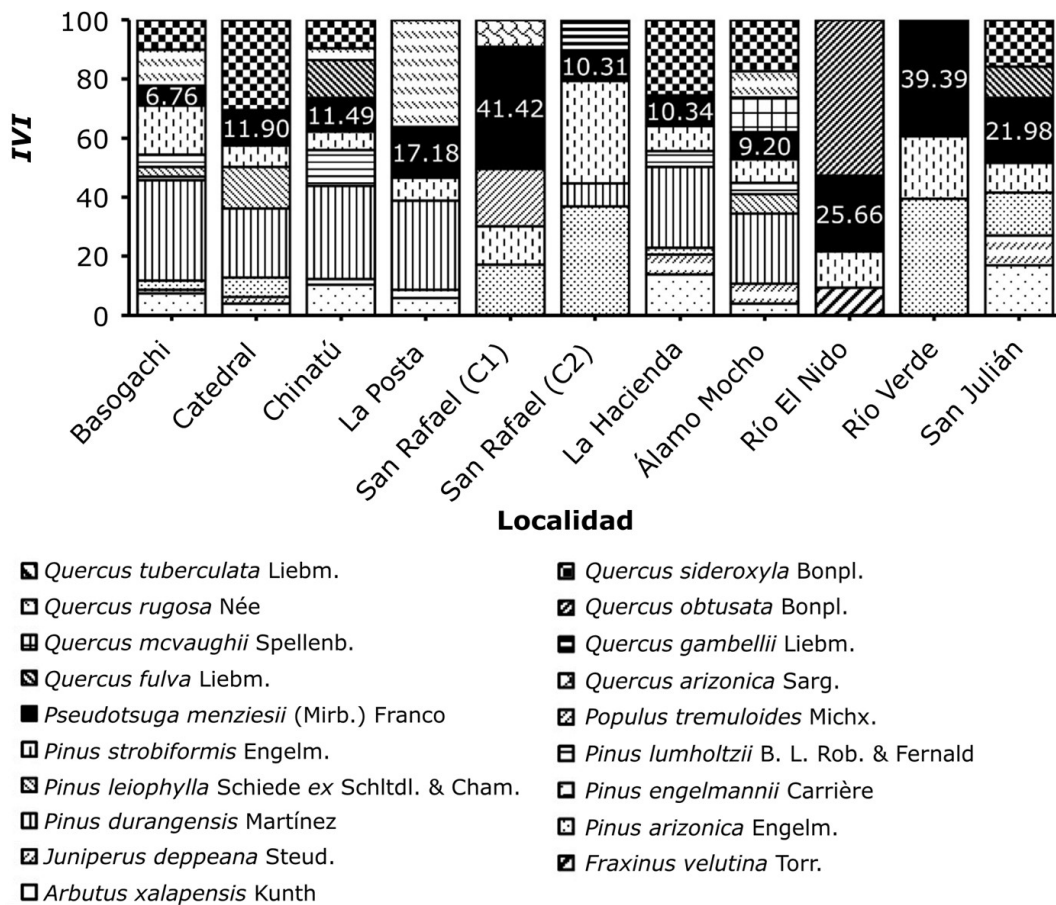
Por lo anterior, se considera de gran relevancia que con los elementos que aporta el presente trabajo se incluya más superficie de esas comunidades dentro de una ANP y se implementen estrategias de monitoreo del efecto de cambio climático y actividades antrópicas sobre las poblaciones actuales, para la conservación de estos bosques de Alto Valor de Conservación.

### **Estructura horizontal**

Se registraron seis familias, siete géneros y 18 especies. Las familias Pinaceae y Fagaceae fueron las de mayor importancia, ambas con siete taxa, lo que en conjunto representa 77.77 % del total de taxones. Las comunidades de *Pseudotsuga* reúnen una riqueza florística entre tres y 11 especies; las localidades más destacadas fueron Basogachi, P. P. Álamo Mocho y Chinatú con 11, 10 y nueve

taxones, respectivamente; valores similares a los resultados de Domínguez *et al.* (2004) y González (2019). Además de las especies registradas, otras que comparten el mismo hábitat son: *Picea chihuahuana* Martínez y *Abies durangensis* Martínez (García *et al.*, 2020), en el ANP del Santuario de la Cotorra Serrana Occidental en Madera; además de *Pseudotsuga menziesii*, los taxa principales que conforman esta comunidad son *Abies concolor* (Gordon & Glend.) Lindl. ex Hildebr., *Pinus strobiformis* Engelm., *Populus tremuloides* Michx., *Pinus arizonica* Engelm. y *Quercus sideroxyla* Bonpl. (Conanp, 2023; Molina-Marchan *et al.*, 2024a). La localidad de *Pseudotsuga* más septentrional del estado se ubica en Janos en una "isla cielo"; se le considera un bosque antiguo y reúne la mayor riqueza florística con 16 especies (Cortés *et al.*, 2012).

El *IVI* de *Pseudotsuga menziesii* en las localidades estudiadas varió entre 6 y 41 % (Figura 4), valores estrechamente relacionados con las perturbaciones naturales y antropogénicas; la etapa de sucesión y las condiciones ambientales como latitud, altitud, precipitación y exposición (Stirling y Wilsey, 2001; Asquith, 2002). En Chihuahua, los mayores valores de *IVI* para la especie se presentaron en el ANP de Madera con 42 % (Molina-Marchan *et al.*, 2024a); y en los bosques del ANP Cerro Mohinora; a partir de los 2 600 m *Abies* y *Pseudotsuga* concentran de 62 a 74 % de las abundancias relativas (García-García *et al.*, 2024), estos resultados son similares a los citados por Guerra *et al.* (2012) y González (2019); posiblemente, la mayor presencia de *Abies* y *Pseudotsuga* en esas localidades se deba al origen boreal de ambos géneros que encuentran las condiciones ambientales más favorables para su desarrollo en las partes altas de las montañas con bajas temperaturas, alta humedad y pendientes con orientaciones norte (Rzedowski, 2006).



**Figura 4.** Índice de Valor de Importancia (IVI) en las localidades estudiadas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

De acuerdo con el Criterio 1 de la *Forest Stewardship Council* (Brown *et al.*, 2013), se consideran los bosques de *Pseudotsuga* como Áreas de Alto Valor de Conservación debido a que cohabita con especies endémicas como *Quercus fulva* Liebm., *Quercus obtusata* Bonpl., *Pinus durangensis* Martínez, *Pinus lumholtzii* B. L. Rob. & Fernald y *Quercus sideroxyla*; en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se consignan a *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus strobiformis*, *Picea chihuahuana* y *Abies concolor*.

Los taxones de mayor peso ecológico dentro de los bosques analizados fueron *Pinus strobiformis*, *P. durangensis*, *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus sideroxyla* y *Pinus*

*arizonica*. *Pinus strobiformis* frecuentemente coexiste en las comunidades de ayarín, debido a que comparten requerimientos ambientales similares en las partes altas y húmedas de las montañas (González *et al.*, 2006); resultados similares han sido registrados por García y González (2003).

## **Diversidad**

Con base en el Índice *Shannon-Wiener* ( $H'$ ) se obtuvo que la diversidad del estrato arbóreo de las comunidades de *Pseudotsuga* es baja, ya que el intervalo de los valores para  $H'$  fueron de 0.78 a 2.04; resultados semejantes a los referidos por Encina-Domínguez *et al.* (2008), González (2019) y García *et al.* (2020) para estas comunidades, y coinciden con los de Méndez *et al.* (2018) y Graciano-Ávila *et al.* (2020) para bosques templados mixtos de México. La baja diversidad del estrato arbóreo, posiblemente se deba a que se localizan en los gradientes altitudinales más altos de la sierra, y de acuerdo con Boyle (1996) y Hemp (2005) existe una relación negativa entre altitud y diversidad de especies arbóreas. Challenger y Soberón (2008) y McCain y Grytnes (2010) documentan que en los bosques de mayores altitudes se observa una disminución en la temperatura que genera condiciones adversas y permiten solo la dominancia de un escaso número de taxones. En lo que respecta al Índice de *Pielou*, los resultados muestran que la equidad de sus abundancias relativas es alta de 0.71 a 0.97 (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Índices de diversidad y prueba de *t* de *Hutcheson* en las localidades de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Localidad	Taxones	Índice de Shannon ( $H'$ )	Índice de Pielou ( $J$ )	Prueba de <i>t</i> de <i>Hutcheson</i>	Diversidad verdadera (especies efectivas)
P. P. Álamo Mocho	10	2.04	0.88	a	7.66
San Julián	7	1.88	0.97	b	6.57
Chinatú	9	1.82	0.83	bc	6.16
La Hacienda	8	1.78	0.86	cd	5.93
Basogachi	11	1.70	0.71	de	5.49
Catedral	8	1.66	0.80	e	5.28
Ej. San Rafael (C1)	5	1.43	0.89	f	4.16
Ej. San Rafael (C2)	5	1.42	0.88	f	4.12
Ej. La Posta	6	1.42	0.79	f	4.12
Río Verde	3	1.07	0.97	g	2.91
Río El Nido	3	0.78	0.71	h	2.18

Letras distintas indica diferencia significativa con base a la prueba de *t* de *Hutcheson* ( $p \leq 0.05$ ).

En general, el *IVI* y la alta equidad de las abundancias relativas de las especies que conforman estas comunidades muestran que no existe una dominancia definida de una o varias especies, lo que sugiere una repartición más eficiente de los recursos (Guzmán, 2009) mediante la diferenciación de nicho, que aumenta la productividad y funcionalidad ecosistémica (Harrison *et al.*, 2019).

Los bosques estudiados muestran diferencias significativas en diversidad de acuerdo con la prueba de *t* (*Hutcheson*) (Cuadro 3). P. P. Álamo Mocho con  $H'$  de 2.04 tuvo el mayor valor debido a su alta riqueza de especies y alta equidad en sus abundancias. El análisis de la diversidad verdadera indica que dicha localidad con 7.6 especies efectivas es 1.17 y 3.51 veces más diverso que San Julián y río El Nido que ocuparon el segundo y último lugar en diversidad, respectivamente. Los



bosques con más altos índices son más heterogéneos y con una mayor complejidad de interacciones ecológicas, lo que favorece la estabilidad y resiliencia del ecosistema; por otra parte, aquellas localidades con una baja diversidad de especies son las más susceptibles a las afectaciones, como plagas y enfermedades (Thompson, 2011; Keesing y Ostfeld, 2024); asimismo, se genera un uso deficiente de los recursos lumínicos o del suelo que establecen una menor diversidad de nichos (Huuskonen *et al.*, 2021).

En lo que se refiere a la regeneración, aproximadamente 50 % de las localidades no presentaron repoblado de *P. menziesii*, algo similar a lo descrito por Velasco-García *et al.* (2007) y Ventura *et al.* (2010), debido a la endogamia y baja tasa de germinación (Cruz-Nicolás *et al.*, 2008); también puede responder a la presencia de plagas en conos y semillas, competencia interespecífica y condiciones ecológicas del sitio.

La silvicultura actual debe tener un enfoque integral en el que se incluyan criterios ecológicos como el *IVI*, biomasa y diversidad de especies. Asimismo, la conservación tiene que ser un componente principal del manejo con el fin de mantener las relaciones funcionales y estructurales del ecosistema, así como un adecuado repoblado de las especies (Vargas, 2013; Jardel, 2015). Lo anterior, permitirá ecosistemas más estables y resilientes ante eventos de disturbio y cambio climático.

## **Conclusiones**

En el país, Chihuahua es uno de los estados con mayor extensión de bosques de *Pseudotsuga menziesii*, especie que actualmente está bajo protección especial y convive con otros taxa en alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estas comunidades tienen una baja diversidad arbórea que es

común en las partes altas y frías de la montaña, y su estructura presenta una alta equidad en sus abundancias. Por sus requerimientos ecológicos específicos, dichas comunidades son susceptibles al cambio climático y se espera que en un periodo de 20 a 30 años sus áreas de distribución se reduzcan drásticamente. Otros factores que están afectando sus poblaciones son las actividades antrópicas y la presencia de *Dendroctonus pseudotsugae*. Por estas razones, es importante el monitoreo de los sitios del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, y que se establezcan sitios permanentes de investigación, para evaluar la dinámica y resiliencia de esas comunidades a través del tiempo. Se recomienda la inclusión de más superficie de estos bosques dentro de ANP, así como la implementación de estudios demográficos o ecológicos como la presente aportación, que permitan implementar mejores estrategias para la conservación de estas Áreas de Alto Valor de Conservación.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Comisión Nacional Forestal (Conafor) por proporcionar la base de datos del Inventario Estatal Forestal y de Suelos del estado de Chihuahua. Así como a los diversos revisores que mediante sus comentarios permitieron mejorar la calidad del manuscrito.

### **Conflicto de intereses**

Los autores no tienen conflicto de intereses.

## **Contribución por autor**

Emanuel Molina Marchan: elaboración del manuscrito, análisis de datos, y elaboración de cartografía; Raúl Narvárez Flores: revisión y elaboración del manuscrito, apoyo en el análisis de datos y aplicación de correcciones; Jesús Miguel Olivas García: revisión y aplicación de correcciones; Javier Hernández Salas: revisión y apoyo en el análisis de datos; Aldo Saúl Mojica Guerrero: análisis de la base de datos del Iefys.

## **Referencias**

- Asquith, N. M. 2002. La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. *In*: Guariguata, M. R. y G. H. Kattan (Edits.). Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional. Cartago, C, Costa Rica. pp. 377-406.
- Boyle, B. L. 1996. Changes on altitudinal and latitudinal gradients in neotropical montane forests. Ph. D. Thesis. Washington University. St. Louis, MO, United States of America. 275 p.
- Brown, E., N. Dudley, A. Lindhe, D. R. Muhtaman, C. Stewart y T. Synnott (Edits.). 2013. Guía genérica para la identificación de altos valores de conservación. Red de Recursos de AVC (HCVRN). Estocolmo, STO, Suiza. 65 p. <https://www.proforest.net/fileadmin/uploads/proforest/Documents/Publications/guia-generica-para-la-identificacion-de-altos-valores-de-conservacion.pdf>. (15 de junio de 2024).
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. *In*: Sarukhán, J. (Coord.). Capital natural de México. Vol. I: Conocimiento Actual de la Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Tlalpan, D. F., México. pp. 87-108.
- Cibrián T., D., O. A. Pérez-Vera, S. E. García D., V. D. Cibrián L., J. Cruz J. y G.

Hernández A. 2014. Tizón suizo (*Phaeocryptopus gaeumannii* (Rhode) Petrak) en *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beissn.) Mayr. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5(22):104-116. Doi: 10.29298/rmcf.v5i22.353.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). 2017. Programa de Manejo. Área de Protección de Flora y Fauna Papigochic. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y Conanp. Miguel Hidalgo, Cd. Mx., México. 93 p.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). 2023. Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Santuario Cotorra Serrana. Conanp y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Chihuahua, Chih., México. 242 p. <https://www.conanp.gob.mx/pdf/separata/EPJ-S-CotorraSerranaOccidental.pdf>. (21 de septiembre de 2023).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2014. Inventario Estatal Forestal y de Suelos-Chihuahua 2013. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y Conafor. Tlalpan, D. F., México. 160 p. [https://transparencia.cnf.gob.mx/filesconafor/userfiles/IEFyS/IEFYS\\_Chihuahua\\_2013/IEFYS\\_Chihuahua\\_2013.pdf](https://transparencia.cnf.gob.mx/filesconafor/userfiles/IEFyS/IEFYS_Chihuahua_2013/IEFYS_Chihuahua_2013.pdf). (15 de abril de 2023).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2023. *Distribución de las especies*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp>. (12 de julio de 2023).

Cortés M., C., P. Z. Fulé, D. A. Falk, J. Villanueva-Díaz and L. L. Yocom. 2012. Linking old-growth forest composition, structure, fire history, climate and land-use in the mountains of northern México. *Ecosphere* 3(11):1-16. Doi: 10.1890/ES12-00161.1.

Cruz A., A., M. Alfaro M., S. J. Solís J., E. D. Melgarejo y F. Rodríguez R. (Coords.). 2015. Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Chihuahua. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Tlalpan, D. F., México. 149 p. <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=57815>. (14 de junio de 2024).

- Cruz-Nicolás, J., J. J. Vargas-Hernández, P. Ramírez-Vallejo y J. López-Upton. 2008. Patrón de cruzamiento en poblaciones naturales de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en México. *Agrociencia* 42(3):367-378. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952008000300011](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000300011). (19 de septiembre de 2023).
- Domínguez Á., F. A., J. J. Vargas H., J. López U., P. Ramírez V. y E. Guízar N. 2004. Aspectos ecológicos de *Pseudotsuga menziesii* en el ejido La Barranca, Pinal de Amoles, Querétaro. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 75(2):191-203. <http://revistas.unam.mx/index.php/bot/article/view/14656>. (12 de agosto de 2023).
- Domínguez-Calleros, P. A., G. A. Chávez-Flores, E. Rodríguez-Téllez, J. J. Corral-Rivas, J. R. Goche-Telles y M. A. Díaz-Vázquez. 2014. Caracterización silvícola de *Pseudotsuga menziesii* en la reserva de la biosfera "La Michilía". *Madera y Bosques* 20(2):23-31. Doi: 10.21829/myb.2014.202161.
- Encina-Domínguez, J. A., F. J. Encina-Domínguez, E. Mata-Rocha y J. Valdes-Reyna. 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://www.scielo.org.mx/pdf/bsbm/n83/n83a2.pdf>. (10 de septiembre de 2023).
- Felger, R. S., G. P. Nabhan and R. Bye. 1997. Apachian/Madreal Region of Southwestern North America, Mexico and U.S.A. *In*: Davis, S. D., V. H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos and A. C. Hamilton (Editors). *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. Vol. III. The Americas. The World Wide Fund for Nature (WWF) and International Union for the Conservation of Nature (IUCN). Cambridge, CBG, United Kingdom. 172-180 p.
- García, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, D. F., México. 90 p.
- García A., A. y M. S. González E. 2003. *Pináceas de Durango*. Instituto de Ecología,

- A. C. y Comisión Nacional Forestal (Conafor). Durango, Dgo., México. 187 p.
- García G., S. A., E. Alanís R., O. A. Aguirre C., E. J. Treviño G. y G. Graciano Á. 2020. Regeneración y estructura vertical de un bosque de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(58):92-111. Doi: 10.29298/rmcf.v11i58.665.
- García-García, S. A., E. Alanís-Rodríguez, E. A. Rubio-Camacho, O. A. Aguirre-Calderón, E. J. Treviño-Garza y G. Graciano-Ávila. 2021. Patrones de distribución espacial del arbolado en un bosque de *Pseudotsuga menziesii* en Chihuahua, México. *Madera y Bosques* 27(3):1-15. Doi: 10.21829/myb.2021.2732242.
- García-García, S. A., E. Alanís R., E. A. Rubio-Camacho, Ó. A. Aguirre-Calderón, ... y A. Collantes C. 2024. Distribución espacial de *Pinus* y *Quercus* en un gradiente altitudinal de bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 15(81):33-58. Doi: 10.29298/rmcf.v15i81.1426.
- González C., R. 2019. Evaluación del estado actual de las poblaciones de *Abies vejarii* Martínez en el noreste de México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, NL, México. 106 p.
- González C., R., E. J. Treviño G., M. A. González T., Á. Duque M. y M. Gómez C. 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):36-64. Doi: 10.29298/rmcf.v9i45.142.
- González E., M. S., M. González E. y M. A. Márquez L. 2006. Vegetación y ecorregiones de Durango. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN). Durango, Dgo., México. 165 p.
- Graciano-Ávila, G., E. Alanís-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, ... y J. J. Corral-Rivas. 2020. Cambios estructurales de la vegetación arbórea en un bosque templado de Durango, México. *Acta Botánica Mexicana* (127):1-16. Doi: 10.21829/abm127.2020.1522.

- Guerra De la C., V., J. C. López-Domínguez, J. López U., C. Bautista S. y L. Hernández G. 2012. Estructura silvícola de poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en Tlaxcala y Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(13):73-88. Doi: 10.29298/rmcf.v3i13.490.
- Guzmán L., 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. San Nicolás de los Garza, NL, México. 197 p.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper and P. D. Ryan. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1):1-9. [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf). (24 de mayo de 2022).
- Harrison, T., J. Gibbs and R. Winfree. 2019. Anthropogenic landscapes support fewer rare bee species. *Landscape Ecology* 34(5):967-978. Doi: 10.1007/s10980-017-0592-x.
- Hemp, A. 2005. Continuum or zonation? Altitudinal gradients in the forest vegetation of Mt. Kilimanjaro. *Plant Ecology* 184:27-42. Doi: 10.1007/s11258-005-9049-4.
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology* 29(1):151-154. Doi: 10.1016/0022-5193(70)90124-4.
- Huuskonen, S., T. Domisch, L. Finér, J. Hantula, ... and H. Viiri. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? *Forest Ecology and Management* 479:118558. Doi: 10.1016/j.foreco.2020.118558.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. Conjunto de datos de erosión del suelo, Escala 1: 250 000 Serie I Continuo Nacional. (2014). <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825004223>. (25 de mayo de 2022).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2018. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional (2018).

<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781>. (25 de mayo de 2022).

Jardel P., E. J. 2015. Criterios para la conservación de la biodiversidad en los programas de manejo forestal. Comisión Nacional Forestal (Conafor) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Zapopan, Jal., México. 126 p.

Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2):363-375. Doi: 10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x.

Keesing, F. and R. S. Ostfeld. 2024. The more, the healthier: Tree diversity reduces forest pests and pathogens. *PLoS Biology* 22(2):e3002525. Doi: 10.1371/journal.pbio.3002525.

Lozada D., J. R. 2010. Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana* 54(1):77-88. [http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2017/01/2010\\_ConsMetEstComVeg\\_orig.pdf](http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2017/01/2010_ConsMetEstComVeg_orig.pdf). (10 de diciembre de 2023).

Luna-Vega, I., O. Alcántara A. and R. Contreras-Medina. 2010. Threatened temperate plant species: Contributions to their biogeography and conservation in México. *In*: Tepper, G. H. (Edit.). *Species diversity and extinction*. Nova-Science Publishers. Hauppauge, NY, United States of America. pp. 317-339.

Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science, Ltd. Oxford, OX, United Kingdom. 256 p.

Mápula-Larreta, M., J. López-Upton, J. J. Vargas-Hernández and A. Hernández-Livera. 2007. Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16(3):727-742. Doi: 10.1007/s10531-005-5821-y.

Martínez-Sifuentes, A. R., J. A. Hernández-Herrera, L. M. Valenzuela-Núñez, E. A. Briceño-Contreras, ... and M. J. López C. 2022. Climate change impact on the habitat suitability of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in Mexico: An approach for its conservation. *Sustainability* 14(14):8888. Doi: 10.3390/su14148888.



- McCain, C. M. and J. A. Grytnes. 2010. Elevational gradients in species richness. *In*: Nature Publishing Company and John Wiley & Sons. Encyclopedia of Life Sciences. John Wiley & Sons, Ltd. Hoboken, NJ, United States of America. pp. 1-10.
- Méndez O., C., C. A. Mora D., E. Alanís R., J. Jiménez P., ... y M. Á. Pequeño L. 2018. Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(50):35-53. Doi: 10.29298/rmcf.v9i50.236.
- Molina-Marchan, E., R. Narváez-Flores y A. S. Mojica-Guerrero. 2024a. Estructura horizontal y diversidad de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en México. *Polibotánica* 57(29):63-80. Doi: 10.18387/polibotanica.57.4.
- Molina-Marchan, E., R. Narváez-Flores y A. S. Mojica-Guerrero. 2024b. Distribución de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en México. *E-CUCBA* 11(21):59-67. Doi: 10.32870/e-cucba.vi21.323.
- Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4):1249-1261. Doi: 10.22201/ib.20078706e.2011.4.745.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (Cyted), Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de la Unesco y Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Zaragoza, Zgz., España. 84 p.
- Moreno V., M. E., T. G. Domínguez G., M. del S. Alvarado, J. G. Colín, S. Corral R. y H. González R. 2018. Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(47):70-93. Doi: 10.29298/rmcf.v9i47.180.
- Pompa-García, M., J. Á. Sigala R. and E. Jurado. 2017. Some tree species of ecological importance in Mexico: A documentary review. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 23(2):185-219. Doi: 10.5154/r.rchscfa.2016.05.032.

- QGIS Development Team. 2023. QGIS (Version 3.30.2). Santa Cruz, CA, United States of America. Geographic Information System. <https://qgis.org>. (28 de mayo de 2023).
- Royo-Márquez, M. H., A. Melgoza-Castillo y G. Quintana-Martínez. 2014. Especies vegetales en peligro, su distribución y estatus de conservación de los ecosistemas donde se presentan. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(22):86-103. Doi: 10.29298/rmcf.v5i22.352.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Tlalpan, D. F., México. 504 p.
- Sánchez M., G., C. J. Mehmel, N. E. Gillette, E. González G., ... y L. M. Torres E. 2012. Fundamentos para el control integral del descortezador *Dendroctonus pseudotsugae barragani* Furniss en México. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Artega, Ags., México. 54 p.
- Spellerberg, I. F. 1991. Monitoring ecological change. Cambridge University Press. Cambridge, Cambs., United Kingdom. 334 p.
- Stirling, G. and B. Wilsey. 2001. Empirical relationships between species richness, evenness, and proportional diversity. *The American Naturalist* 158(3):286-299. Doi: 10.1086/321317.
- Stock Informático. 2013. Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Chihuahua. Escala 1: 50 000 (2013). Gobierno del Estado de Chihuahua y Secretaría de Desarrollo Rural. Chihuahua, Chih., México. 97 p.
- Thompson, I. 2011. Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasylva Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales* 62:25-30. <https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-10/SEMANA1/07.pdf>. (30 de septiembre de 2023).
- Vargas-Hernández, J. J., J. López-Upton, V. J. Reyes-Hernández, F. A. Domínguez-Álvarez and M. Mapula-Larreta. 2003. Natural populations of Douglas-fir in Mexico: Current status and needs for conservation. *In*: Beaulleu, J. (Edit.). *Silviculture and*

the conservation of genetic resources for sustainable forest management. Proceedings of the symposium of the North American Forest Commission, Forest Genetic Resources and Silviculture Working Groups, and the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO). Natural Resources Canada, Canadian Forest Service and Laurentian Forestry Centre. Quebec, QC, Canada. pp. 26-36.

Vargas L., B. 2013. Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas templados de la región norte de México. Comisión Nacional Forestal (Conafor) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Zapopan, Jal., México. 86 p.

Velasco-García, M. V., J. López-Upton, G. Ángeles-Pérez, J. Vargas-Hernández y V. Guerra-de la Cruz. 2007. Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii*, en poblaciones del centro de México. *Agrociencia* 41:121-131. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/523/523>. (25 de octubre de 2023).

Ventura R., A., J. López U., J. J. Vargas H. y V. Guerra de la C. 2010. Caracterización de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en el centro de México. Implicaciones para su conservación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(2):107-116. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802010000200003&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802010000200003&script=sci_abstract). (11 de enero de 2024).

Villanueva D., J., D. W. Stahle, M. K. Cleaveland y M. D. Therrell. 2000. Estado actual de la dendrocronología en México. *Revista Ciencia Forestal en México* 25(88):5-36. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/921>. (10 de septiembre de 2023).



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.