



Madera y bosques

ISSN: 1405-0471

ISSN: 2448-7597

Instituto de Ecología A.C.

Rendón-Pérez, Martha Azucena; Hernández-de la Rosa, Patricia; Velázquez-Martínez, Alejandro; Alcántara-Carbajal, José Luis; Reyes-Hernández, Valentín José
Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México
Madera y bosques, vol. 27, núm. 1, e2712127, 2021
Instituto de Ecología A.C.

DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712127>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61766374008>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org



Composición, diversidad y estructura de un **bosque manejado** del centro de México

Composition, diversity, and structure of a managed forest in central Mexico

Martha Azucena Rendón-Pérez¹, Patricia Hernández-de la Rosa^{1*},
Alejandro Velázquez-Martínez¹, José Luis Alcántara-Carbalaj² y Valentín José Reyes-Hernández¹

¹ Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Postgrado en Ciencias Forestales. Montecillo, Estado de México, México.

² Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. Montecillo, Estado de México, México.

* Autor de correspondencia. pathr@colpos.mx

RESUMEN

La caracterización estructural de la vegetación facilita la toma de decisiones de manejo forestal y la prescripción de prácticas silvícolas adecuadas a los propósitos del propietario. En el ejido Nopalillo, municipio de Epazoyucan, al sureste de Hidalgo, México, se realiza aprovechamiento forestal maderable en tres asociaciones arbóreas, cada una dominada por *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus patula* Schltdl. et Cham., respectivamente; además, el ejido cuenta con una superficie dominada por *Pinus-Quercus* que ha sido destinada a la conservación. Con el objetivo de valorar composición, diversidad y estructura de estas asociaciones, se analizó información de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo de 79 sitios de muestreo. Se calcularon índices de valor de importancia, de diversidad de Margalef, de Simpson y de Sorensen y se describen las estructuras vertical y horizontal de la vegetación. La asociación *Pinus-Quercus* presentó la mayor área basal (28 m²/ha), diámetro normal y altura promedio (20.5 cm y 10.7 m, respectivamente), la mayor proporción de árboles de dimensiones grandes (diámetro normal > 60 cm) y una composición de especies diferente a las otras asociaciones. La mayor riqueza de especies se registró en las áreas bajo aprovechamiento maderable, pero la diversidad arbórea fue superior en el bosque de *Pinus-Quercus*. Estos resultados se proponen como referentes para la identificación de los efectos de las prácticas silvícolas sobre la vegetación y para el desarrollo de estrategias de manejo, conservación y uso del bosque.

PALABRAS CLAVE: aprovechamiento forestal maderable, arbolado, arbustos, hierbas, índice de valor de importancia, prácticas silvícolas.

ABSTRACT

Structural characterization of the vegetation facilitates forest management decision-making and prescription of silvicultural practices appropriate to the landowner's purposes. In the ejido Nopalillo, municipality of Epazoyucan, located southeast of Hidalgo, Mexico, forest harvest is practiced in three associations dominated by *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus pseudostrobus* Lindl., and *Pinus patula* Schl. et Cham., respectively. In addition, the ejido has an area dominated by *Pinus-Quercus* used as a conservation area. To characterize these four conditions, information from 79 sampling plots was analyzed, in which the arboreal, shrub and herbaceous strata were evaluated. Structural analysis of the vegetation was based on the Importance Value Index, Margalef, Simpson and Sorensen diversity indexes, as well as the vertical and horizontal structure in each association. The *Pinus-Quercus* area presented the largest basal area (28 m²/ha), normalized diameter (DBH) and average height (20.5 cm and 10.7 m), respectively, the highest proportion of large trees (DBH>60 cm) and species composition different from the other associations. The greatest total diversity was found in the areas under timber harvesting, and the highest tree diversity in the conservation area. The results can be used as a reference to identify the effect of silvicultural practices, they are also the basis for the development of strategies for forest management, conservation, and use.

KEYWORDS: forest harvesting, trees, shrubs, herbs, importance value index, silvicultural practices.

INTRODUCCIÓN

El manejo forestal sustentable (MFS) tiene como objetivo principal la producción maderable, además de asegurar la provisión de otros bienes y servicios. Entre los muchos atributos que interesa conocer de los bosques bajo manejo se encuentran la estructura, composición y diversidad de la vegetación, porque su conocimiento permite entender la condición actual del ecosistema y a partir de este, contar con información adecuada para prescribir prácticas silvícolas apropiadas.

La estructura del bosque puede definirse como la forma en que las plantas se organizan en el espacio (Kimmins, 1997) y considera tanto la distribución como la variación en las dimensiones de los individuos (Gadow y Hui, 1999; Franklin *et al.*, 2002). La distribución está determinada por las estrategias de regeneración de las especies, la intervención silvícola y la fase de desarrollo del rodal. La variación de las dimensiones, por otra parte, se refiere a la relación de tamaño de los individuos que la componen y puede evaluarse, principalmente, a través de la medición de diámetros y alturas (Del Río, Montes, Cañelas y Montero, 2003).

Las investigaciones realizadas sobre la estructura de bosques manejados coinciden en que esta característica es un indicador de la diversidad de un bosque (Corral Rivas, Aguirre Calderón, Jiménez Pérez y Corral Rivas, 2005; Del Río *et al.*, 2003) y que, a través de las intervenciones silvícolas, esta puede ser modificada. Por lo tanto, el conocimiento, el estudio, la evaluación y el monitoreo de la estructura son fundamentales para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas a través de la gestión y conservación (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008).

En México se han desarrollado trabajos que han relacionado las prácticas silvícolas con la composición, diversidad y estructura de bosques templados de pino y pino-encino bajo manejo, particularmente en Chiapas, Durango, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca y Puebla, pero considerando principalmente al estrato arbóreo (Solís Moreno, *et al.*, 2006; Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008; Návar-Chaidez y González-Elizondo, 2009; Hernández-Salas *et al.*, 2013; Márquez-Linares, González-Elizondo y

Álvarez-Zagoya, 1999; Delgado Zamora *et al.*, 2017; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; López-Hernández *et al.*, 2017; Medrano Meraz, Hernández, Corral Rivas y Nájera Luna, 2017; Ramírez-Santiago *et al.*, 2019; Monarrez-Gonzalez, Gonzalez-Elizondo, Marquez-Linares, Gutierrez-Yurrita y Perez-Verdin, 2020).

Al comparar bosques con y sin manejo, en la mayoría de estas investigaciones se observaron cambios en riqueza, diversidad y composición florística y evidencia de variación en función del tiempo de aplicación de los tratamientos, tipo de corta e intensidad. Por otra parte, aquellos que consideran otras forma de vida como los arbustos y las hierbas (Luna-Bautista, Hernández-de la Rosa, Velázquez-Martínez, Gómez-Guerrero y Acosta-Mireles, 2015; Vázquez-Cortez, Clark-Tapia, Manzano-Méndez, González-Adame y Aguirre-Hidalgo, 2018) o las epífitas (Wolf, 2005; Jiménez, Damoa, Ochoa-Gaona y Clark-Tapia, 2014) son escasos; por ende, es importante realizar ese tipo de estudios en bosques manejados para poder relacionar la importancia de estos grupos taxonómicos con los diversos servicios ecosistémicos, como conservación del suelo, infiltración y flujo de agua, entre otros (Monárez-González, Pérez-Verdín, López-González, Márquez-Linares y González-Elizondo, 2018).

El ejido El Nopalillo, Hidalgo, cuenta con un bosque secundario, en donde se ha realizado aprovechamiento forestal por más de 100 años, inicialmente con cortas de selección a través de concesión a la industria forestal. Desde 1980, lleva a cabo un programa de manejo forestal que aplica el Método de Desarrollo Silvícola (MDS). El área cuenta con la certificación nacional de Manejo Forestal Sustentable (NMX-AA-143-SCFI-2015) y del Consejo de Administración Forestal (FSC, por sus siglas en inglés); sin embargo, no existe una caracterización estructural detallada sobre el efecto del manejo forestal en la vegetación o alguna evaluación que pudiera ser útil para guiar la prescripción de prácticas silvícolas. Se parte del supuesto de que existen diferencias en estructura, diversidad y composición entre las asociaciones sujetas a aprovechamiento maderable y aquella que no lo está, siendo las primeras menos complejas y diversas que la segunda.



OBJETIVOS

Evaluar estructura, composición taxonómica y diversidad de especies del bosque templado del ejido Nopalillo, considerando las diferentes asociaciones vegetales presentes y sus estratos, además de relacionar el efecto de las prácticas silvícolas sobre los bosques manejados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y diseño de muestreo

Se localiza en el Cerro de Las Navajas, Sierra de Pachuca, municipio de Epazoyucan, al sureste del estado de Hidalgo y forma parte del Eje Neovolcánico (Fig. 1). Comprende una zona serrana que presenta un gradiente altitudinal de

2800 m a 3100 m; con suelos de tipo Feozem y, en menor proporción, de tipo Andosol; el clima es semifrío subhúmedo y templado subhúmedo; se encuentra dentro de la cuenca del río Pánuco y los tipos de vegetación predominantes son el bosque de pino, seguido del de encino (Comisión Nacional Forestal [Conafor], 2014).

A partir de la información disponible en el programa de manejo (Asociación de Silvicultores de la Región Forestal Pachuca-Tualancingo, A.C., 2015), se identificaron 245 ha bajo aprovechamiento maderable que fueron clasificadas de la siguiente manera: *Pinus montezumae* Lamb. (en adelante Pmn), *P. patula* Schltl. & Cham. (Ppt) y *P. pseudostrobus* Lindl. (Pps) y las de conservación (61 ha) con asociación de *Pinus-Quercus* (PQ).

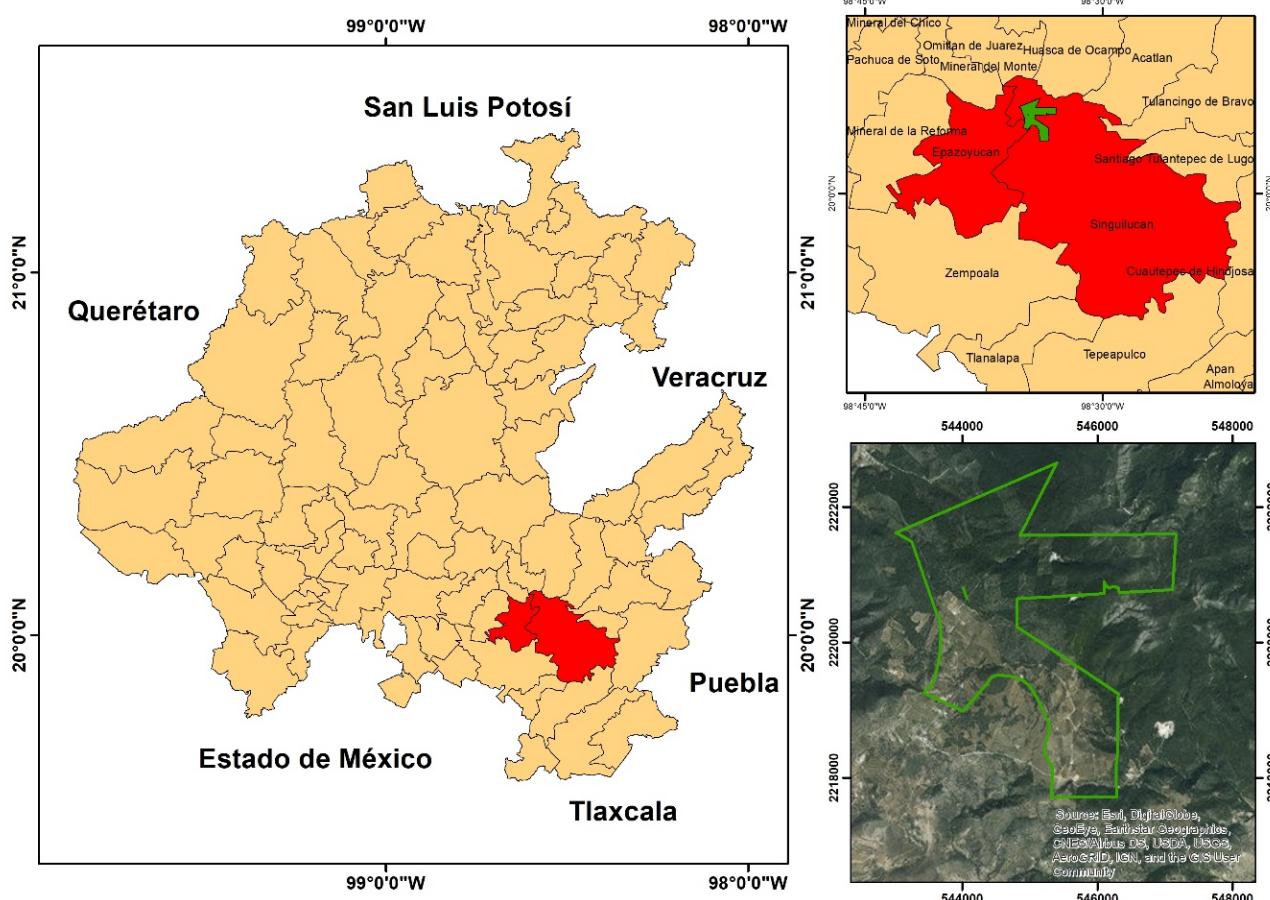


FIGURA 1. Localización del área de estudio, ejido Nopalillo, Epazoyucan, Hidalgo, México

Se aplicó un diseño de muestreo sistemático estratificado (con intensidad de 1%) (Wan Razali y Wan Mohd. Shukri, 1999), en el que los estratos correspondieron a cada una de las asociaciones vegetales y los puntos de muestreo se ubicaron a partir de sobreponer una malla con equidistancia entre puntos de 100 m en el área de estudio y elegir aleatoriamente los sitios para muestreo. Se seleccionaron 65 sitios en las asociaciones bajo manejo y 14 en el área de conservación.

El muestreo se llevó a cabo de junio a agosto de 2018; en cada sitio se registraron coordenadas geográficas, altitud, pendiente, exposición, profundidad de hojarasca, porcentaje de cobertura de piedras y tipo de asociación vegetal.

Las unidades de muestreo fueron sitios circulares con una área de 400 m²; de manera anidada se ubicó, en el centro, un subsitio circular de 12.56 m² y cuatro subsitios

cuadrados de 1 m² localizados a 5 m, a partir del centro del sitio, en dirección hacia cada punto cardinal (N, E, S y O) (Fig. 2).

En el sitio principal se evaluó el estrato arbóreo (individuos con diámetro normal [DN] ≥ 7.5 cm, medido a 1.30 m), considerando las variables de DN (cm), altura total (At, m), diámetro de copa en las orientaciones N-S y E-O (proyección sobre el suelo, m) y nombre científico. En el subsitio circular se midió el estrato arbustivo (individuos que ramificaban desde la base y con altura mayor a 25 cm), se determinó la especie, la altura total (m), el diámetro de copa en las orientaciones N-S y E-O, el número de tallos y el diámetro basal promedio (cm). Finalmente, en los sitios cuadrados se registraron todas las especies del estrato herbáceo y su cobertura, además de la frecuencia en el caso de hierbas individuales (Conafor, 2017; Luna-Bautista *et al.*, 2015).

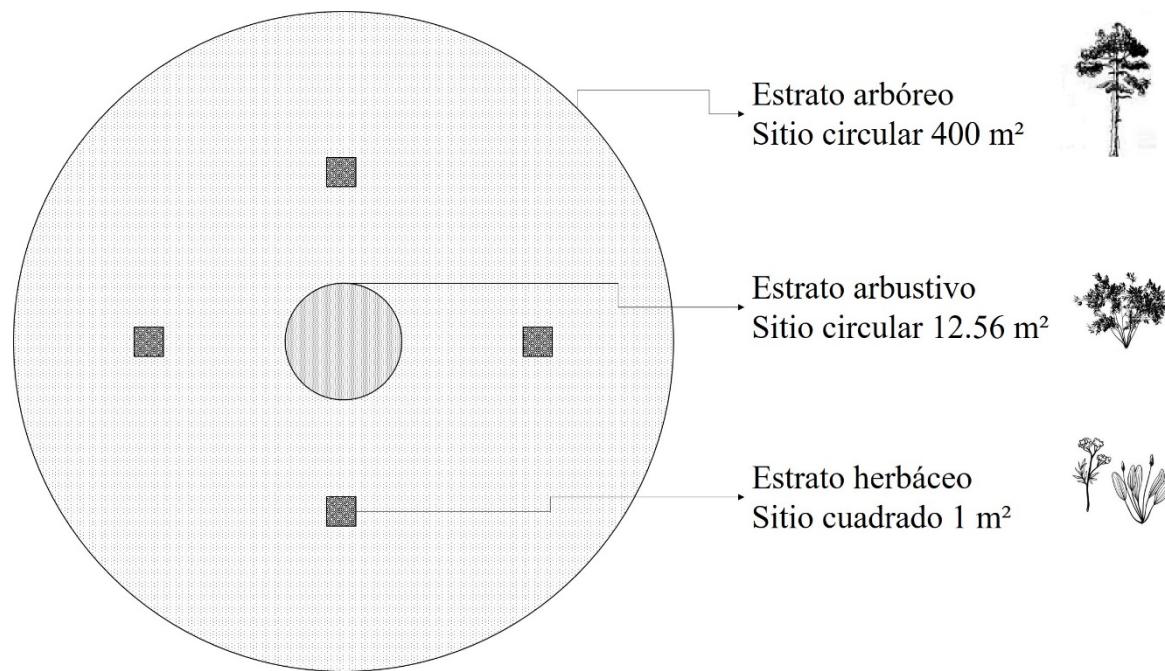


FIGURA 2. Esquema anidado de la unidad de muestreo (UM) para evaluación de vegetación.



La determinación taxonómica se realizó en campo cuando se conocía la especie y en herbario a partir de colectas botánicas; se utilizaron las claves dicotómicas de la Flora Fanerogámica del Valle de México (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2005), de la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes (González Elizondo y González Elizondo, 2014) y de la Flora de Veracruz (Nash y Nee, 1984). La nomenclatura científica se corroboró de acuerdo con la lista de nombres botánicos del portal de The Plant List (The Plant List, 2013).

La determinación de especies arbóreas se realizó en el herbario CHAP de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo; las hierbas de la familia Asteraceae en el herbario de la Preparatoria Agrícola de la misma universidad y el resto de las muestras del estrato herbáceo y arbustivo en el herbario CHAPA del Colegio de Postgraduados. Se constituyó el listado florístico incluyendo familia, género, nombre específico y autoridad taxonómica de cada especie.

Análisis de la información

Las estructuras horizontal y vertical del arbolado se representaron con histogramas generados a partir de la distribución de frecuencias de doce clases diamétricas de 5 cm de amplitud, desde 7.5 cm hasta más de 62.5 cm y la distribución de frecuencias de seis clases de altura de 5 m, desde 0 m hasta 30 m (Luna-Bautista *et al.*, 2015). El índice de valor de importancia relativa (IVI) se calculó para conocer la importancia ecológica en los diferentes estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo) para cada asociación vegetal con la fórmula: IVI (%) = 1/3 (AB relativa + densidad relativa + frecuencia relativa) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Se calculó el índice de riqueza de Margalef con $R = (S - 1) / \ln N$ y de diversidad de Simpson (1-D) por estrato para cada asociación, a través de la fórmula

$$D = \sum_{i=1}^n ni(ni - 1) / ((N(N - 1))$$

de acuerdo con Magurran (2004).

Para detectar diferencias de diversidad entre estratos dentro de las asociaciones (índice de Simpson e índice de Margalef), primero se verificó la normalidad de los datos a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 2010); debido a que estos no cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Magurran, 2004), bajo la hipótesis nula H_0 = hay igualdad de medias, con nivel de significancia de 5% y utilizando el software R (The R Core Team, 2019).

Se estimó la similitud entre las cuatro asociaciones a través del índice de Sorensen (Cs)

$$Cs(\%) = \left(\frac{2j}{(a+b)} \right) \times 100] \text{ (Magurran, 2004),}$$

utilizando una hoja de cálculo en MS Excel®. Este coeficiente es una medida inversa de la diversidad beta; cuando no hay especies compartidas el valor es 0 y cuando la composición es la misma el valor es 1 (Koleff, Gaston y Lennon, 2003).

RESULTADOS

Composición, riqueza y diversidad

Se evaluaron 1752 árboles, 255 arbustos y 578 hierbas que correspondieron a 88 especies pertenecientes a 47 géneros y 29 familias (Anexo 1). Los géneros *Pinus* y *Quercus* tuvieron el mayor número de especies, mientras que las familias Pinaceae y Asteraceae fueron las mejor representadas.

La composición florística en el estrato arbóreo estuvo integrada por 20 especies de 10 géneros y 8 familias. *Pinus* fue el género dominante, ya que representó 80% de los individuos muestreados, seguido de *Quercus* (10%), mientras que las especies dominantes fueron *Pinus montezumae* y *Pinus pseudostrobus* (Fig. 3).

En el estrato arbustivo se registraron 10 especies de 10 géneros y 6 familias. *Baccharis conferta* Kunth y *Ageratina glabrata* Kunth fueron las especies dominantes en este caso (Fig. 4).

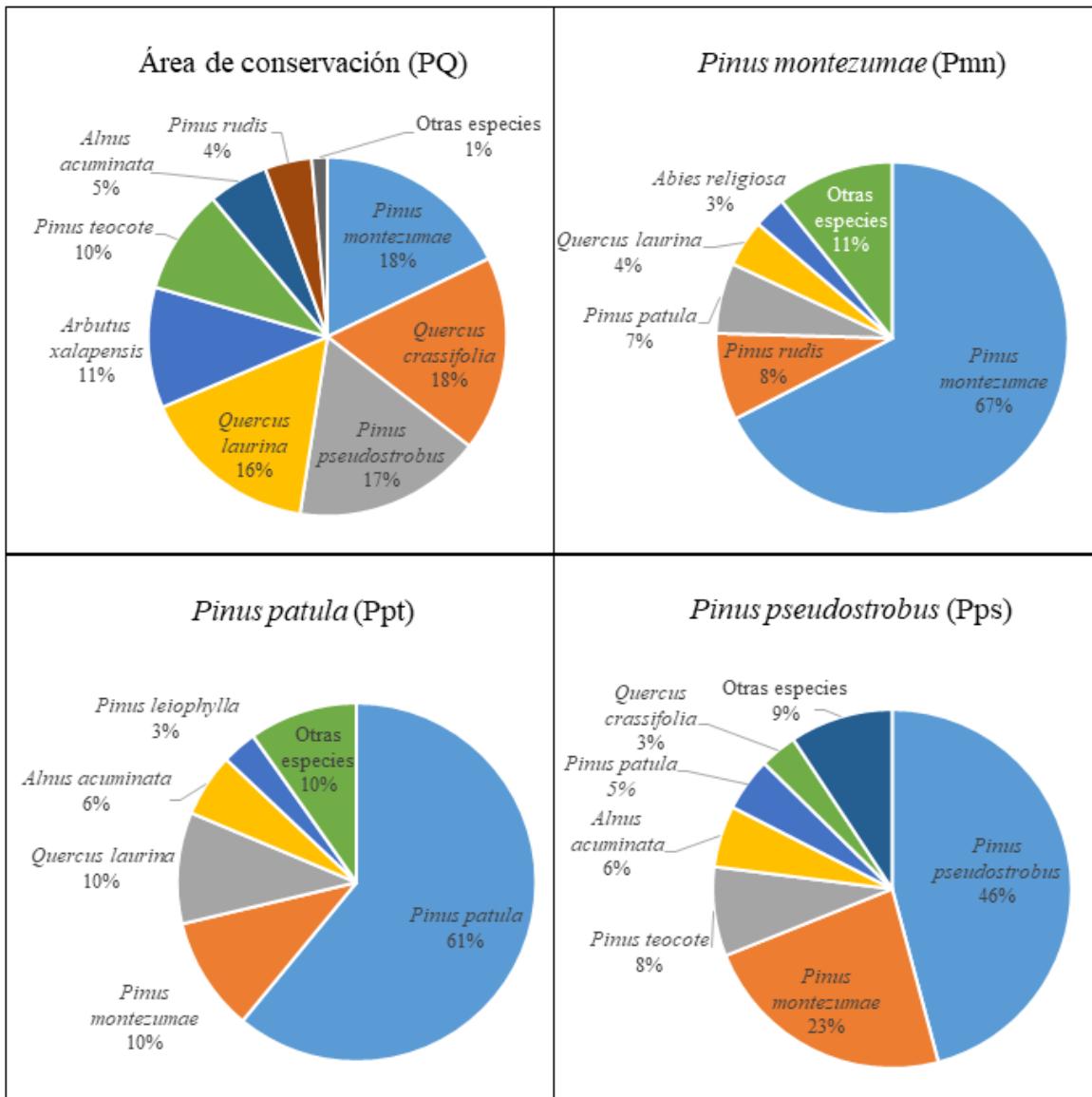


FIGURA 3. Porcentaje de importancia relativa por especie y asociación vegetal en el estrato arbóreo del ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

En el estrato herbáceo se registraron 58 especies de 26 géneros y 24 familias. La familia mejor representada fue la Asteraceae, aunque las especies dominantes fueron *Muhlenbergia macroura* (Humb., Bonpl. & Kunth) Hitchc. y *Lachemilla procumbens* (Rose) Rydb (Fig. 5.).

Litsea glaucescens Kunth y *Cupressus lusitanica* Mill. fueron las únicas especies que se encontraron en el área de estudio y que han sido clasificadas dentro de alguna de las categorías de riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-

SEMARNAT-2010 de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2010).

Se detectó variación en los índices de riqueza y de diversidad entre los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, dentro de cada asociación (Tabla 1). Los índices de riqueza (Margalef) y de diversidad (Simpson) obtuvieron los valores más altos en el estrato arbóreo de PQ, en el arbustivo de Ppt y en el herbáceo de Pps. La prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 2) indicó diferencias significativas entre todos los



estratos de PQ y Pmn y solo entre los estratos arbustivo y herbáceo de Ppt. El índice de Simpson no presentó diferencias estadísticamente significativas entre el estrato arbóreo y herbáceo en ninguna asociación vegetal. Por el contrario, hubo diferencias significativas entre los estratos arbóreo-arbustivo y arbustivo-herbáceo en todas las asociaciones vegetales, con excepción de Ppt, para los árboles y los arbustos.

La mayor similitud, de acuerdo con el índice de Sorensen (Tabla 3), se obtuvo entre los estratos arbóreos de Pps y PQ (82%) y la menor entre los de PQ y Pmn (59%). En cuanto a los estratos de arbustos, los valores mayores de este índice se presentaron entre Pmn y Pps (80%) y los menores entre PQ y Ppt (46%); finalmente, en las herbáceas la mayor similitud en la composición de especies se registró entre Pmn y Ppt (66%) y la menor entre Ppt y Pps (45%).

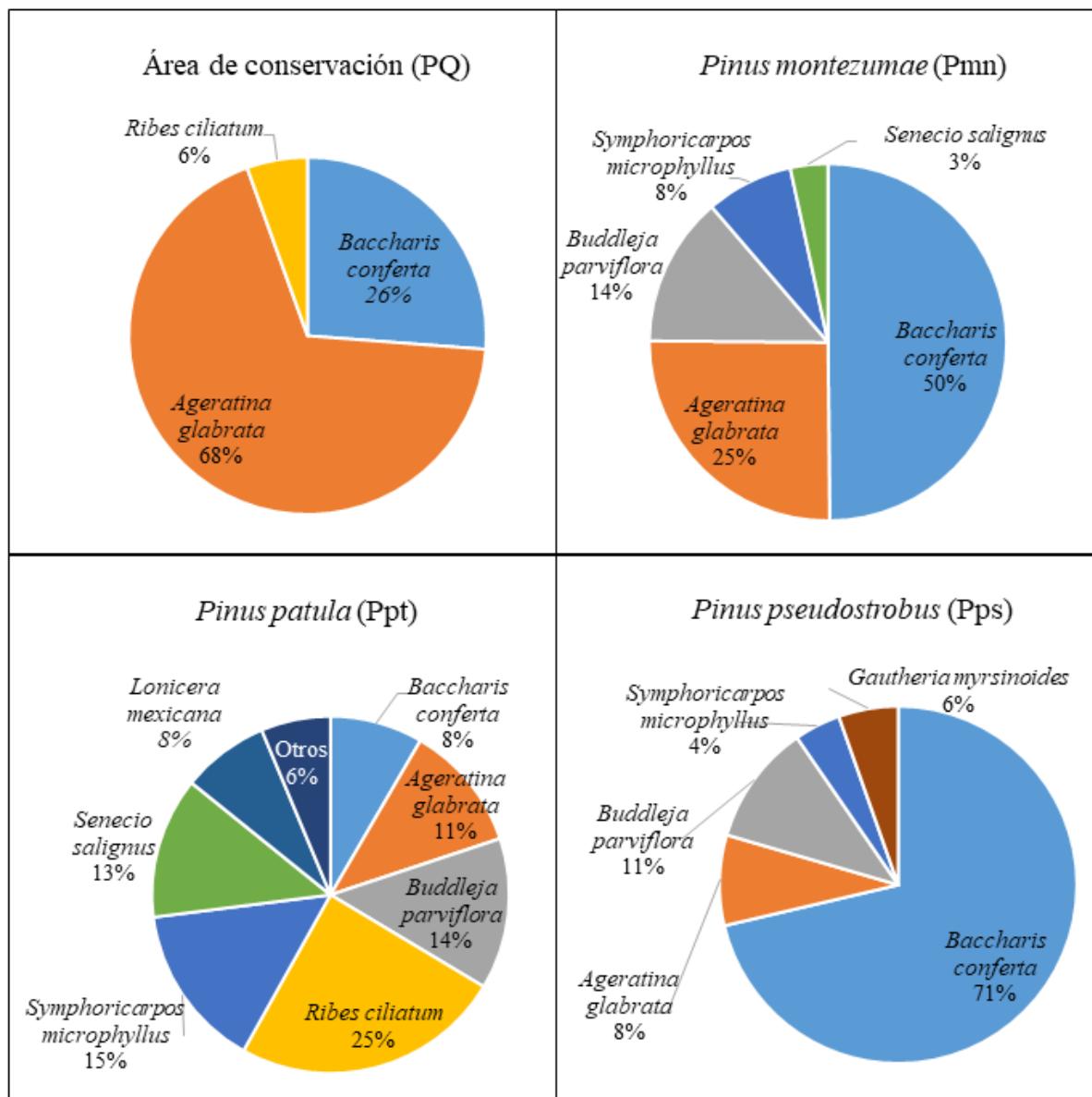


FIGURA 4. Porcentaje de importancia relativa por especie y asociación en el estrato arbustivo del ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

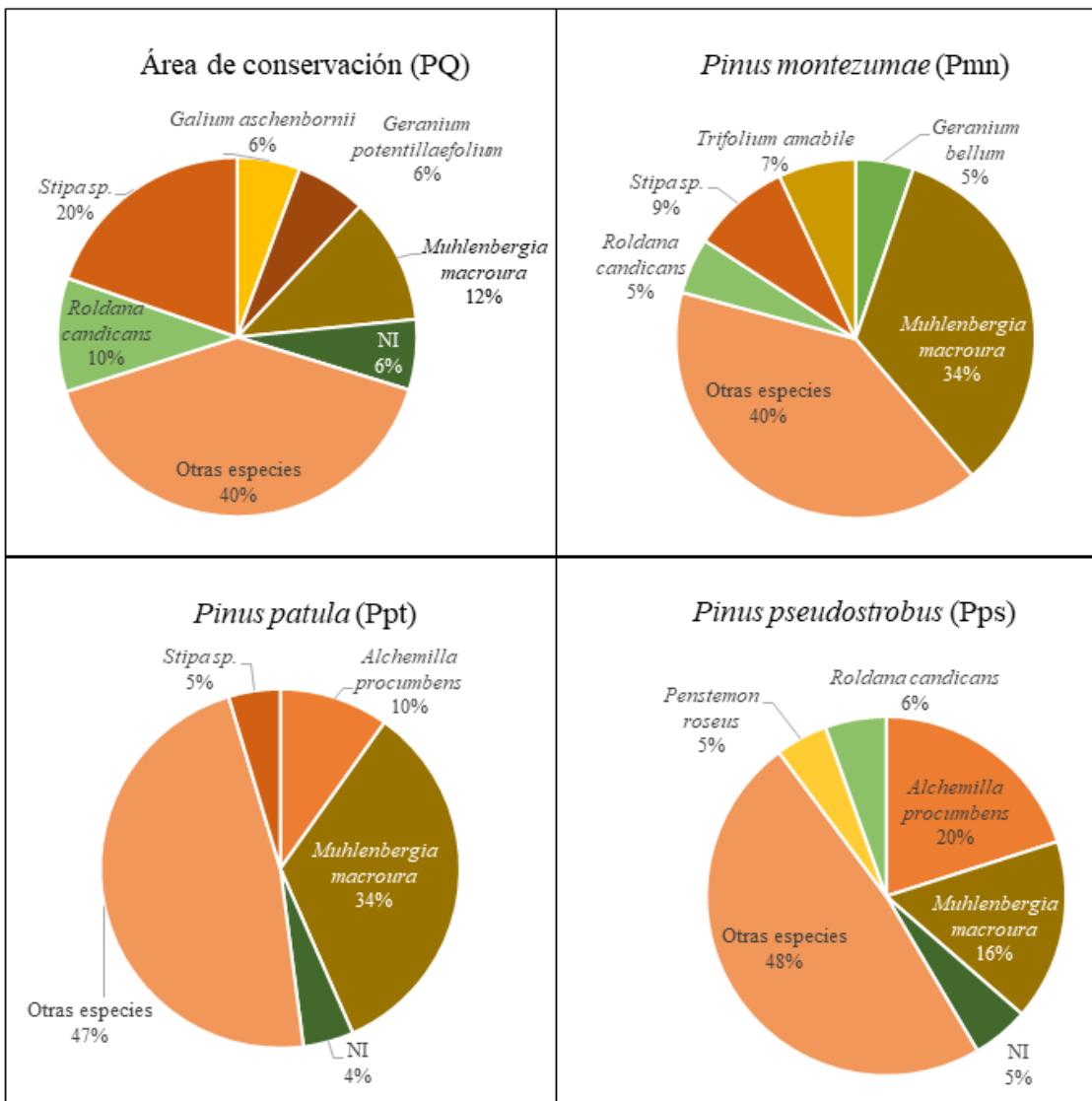


FIGURA 5. Porcentaje de importancia relativa por especie y asociación vegetal en el estrato herbáceo del ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Otras Especies: índice de valor de importancia es menor a 5%, NI: Especie no identificada

TABLA 1. Diversidad alfa (índice de Margalef y Simpson) por estrato y asociación vegetal del bosque del ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Estrato	Índice de Margalef				Índice de Simpson			
	PQ	Pmn	Ppt	Pps	PQ	Pmn	Ppt	Pps
Arbóreo	1.24	0.63	0.59	0.75	0.65	0.35	0.26	0.47
Arbustivo	0.19	0.33	0.73	0.24	0.09	0.18	0.39	0.11
Herbáceo	0.78	0.86	0.63	0.87	0.59	0.55	0.43	0.62

PQ: asociación *Pinus-Quercus*; Pmn: *Pinus montezumae*; Ppt: *P. patula*; Pps: *P. pseudostrobus*



TABLA 2. Prueba de Kruskal-Wallis para el índice de Simpson y Margalef entre estratos dentro de cada asociación vegetal del ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Estratos	Índice de Margalef				Índice de Simpson			
	PQ	Pmn	Ppt	Pps	PQ	Pmn	Ppt	Pps
Arbóreo-arbustivo	0.002*	0.013*	0.43	0.010*	0.0002*	0.020*	0.7	0.0007*
Arbóreo-herbáceo	0.041*	0.013*	0.22	0.235	0.054	0.615	0.15	0.109
Arbustivo-herbáceo	0.001*	0.0006*	0.006*	0.006*	0.001*	0.007*	0.004*	0.004*

PQ: *Pinus-Quercus*; Pmn: *Pinus montezumae*; Ppt: *P. patula*; Pps: *P. pseudostrobus*

*Indica diferencia significativa $p < 0.05$

TABLA 3. Índice de Sorensen por estrato y asociación vegetal en el ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Asociaciones	Arbóreo %	Arbustivo %	Herbáceo %
PQ - Pmn	0.59	0.50	0.50
PQ - Ppt	0.67	0.46	0.58
PQ - Pps	0.82	0.75	0.48
Pmn - Ppt	0.64	0.67	0.66
Pmn - Pps	0.76	0.80	0.55
Ppt - Pps	0.70	0.67	0.45

PQ: asociación *Pinus-Quercus*; Pmn: *Pinus montezumae*; Ppt: *P. patula*; Pps: *P. pseudostrobus*

Estructura horizontal y vertical

Los individuos del estrato arbóreo se distribuyeron en mayor proporción en las primeras categorías diamétricas y su frecuencia disminuyó gradualmente conforme aumentó el diámetro (Fig. 6). PQ, Pmn y Ppt mostraron el mismo comportamiento, aunque con diferencias en el número de individuos por categorías. En PQ, 16% de los registros correspondieron a la categoría de 35 cm o más de DN, mientras que para Pmn se trató de 9% y en Ppt y Pps no superó 2% de los árboles medidos.

La distribución de individuos de acuerdo con su altura se concentró en las primeras tres categorías (5 m - 15 m;

Fig. 7). En el caso de PQ, solo 20% de los registros superaron 15 m de altura; en Pmn fue 6%, en Ppt 2% y en Pps solo 1%. Este patrón está relacionado directamente con la estructura horizontal, ya que diámetro y altura están correlacionados y, a su vez, lo están con la edad del arbolado (Smith, Larson, Kelty y Ashton *et al.*, 1997). En Pmn, el arbolado se distribuyó hasta la categoría de 25 m y representó a los rodales más antiguos, en donde se realizaron las primeras cortas de regeneración. En Ppt y Pps, al ser rodales con las cortas más recientes, la máxima categoría registrada fue 20 m.

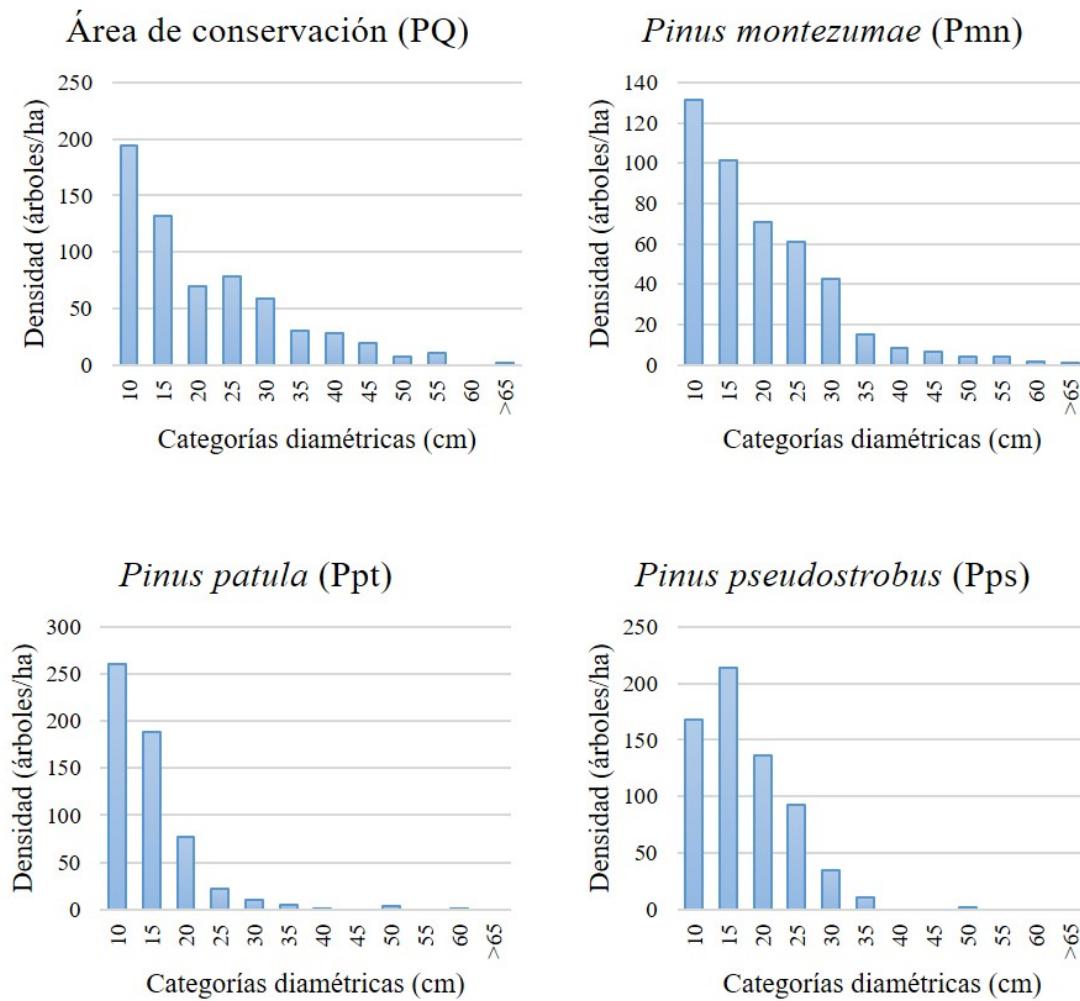


FIGURA 6. Distribución de categorías diamétricas (cm) para las cuatro asociaciones vegetales en el ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Índice de valor de importancia

La tabla 4 muestra que los valores del IVI para el estrato arbóreo difirieron en cada una de las asociaciones vegetales.

En PQ, las especies de *Pinus* y *Quercus* registraron los mayores valores de importancia ecológica, acumulando 49% y 34%, respectivamente, y el resto de las especies acumuló 17% restante (Fig. 3). Esta asociación presentó una mayor mezcla de especies al compararse con las asociaciones bajo aprovechamiento maderable.

Considerando a todas las asociaciones, las especies más comunes fueron *Alnus acuminata* Kunth., *Arbutus xalapensis* Kunth., *Pinus montezumae*, *P. patula* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. pseudostrobus* Lindl., *Quercus crassifolia* Bonpl. y *Q. laurina* Bonpl. Las especies exclusivas de Pmn fueron

Cupressus lusitanica Mill., *Juniperus deppeana* Steud., *Quercus affinis* Scheidw. y *Pinus hartwegii* Lindl.; en tanto que de Ppt fue *Prunus serotina* Ehrh. y de PQ, *Salix paradoxia* Kunth.

Los valores del IVI en el estrato arbustivo (Tabla 5) mostraron diferencias entre las asociaciones; por ejemplo, en Ppt se distribuyeron entre 10 especies, mientras que en PQ solo entre tres. Por otra parte, *Baccharis conferta* y *Ageratina glabrata*, además de ser las especies más comunes de las cuatro asociaciones, presentaron los valores IVI más altos (71% y 50%, respectivamente). Ppt presentó una distribución más equitativa de los valores del IVI, con *Ribes ciliatum* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. en primer lugar (24%).

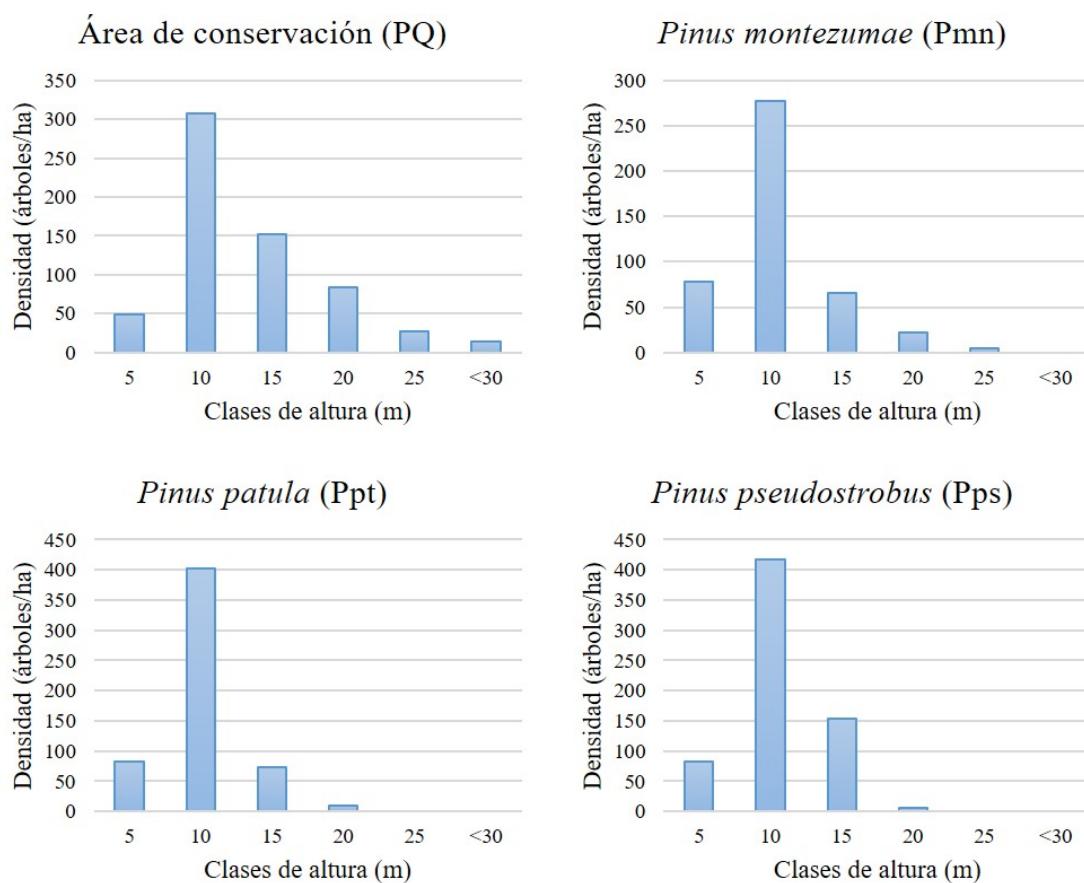


FIGURA 7. Distribución de clases de altura (m) para las cuatro asociaciones vegetales presentes en el ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

TABLA 4. Índice de valor de importancia ecológica (IVI) del estrato arbóreo en el ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Pinus-Quercus	Pinus montezumae		Pinus patula		Pinus pseudostrobus		
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Pinus montezumae</i>	17.8	<i>Pinus montezumae</i>	67.5	<i>Pinus patula</i>	62.2	<i>Pinus pseudostrobus</i>	45.8
<i>Quercus crassifolia</i>	17.6	<i>Pinus rufa</i>	8	<i>Pinus montezumae</i>	10.5	<i>Pinus montezumae</i>	23.1
<i>Pinus pseudostrobus</i>	17	<i>Pinus patula</i>	6.5	<i>Quercus laurina</i>	10.3	<i>Pinus teocote</i>	8.1
<i>Quercus laurina</i>	16.1	<i>Quercus laurina</i>	4.3	<i>Alnus acuminata</i>	5.8	<i>Alnus acuminata</i>	5.5
<i>Arbutus xalapensis</i>	10.9	<i>Abies religiosa</i>	3	<i>Pinus leiophylla</i>	3.2	<i>Pinus patula</i>	4.8
<i>Pinus teocote</i>	9.5	<i>Pinus pseudostrobus</i>	2.9	<i>Buddleja cordata</i>	2.3	<i>Quercus crassifolia</i>	3.4
<i>Alnus acuminata</i>	5.4	<i>Pinus teocote</i>	2.4	<i>Quercus crassifolia</i>	1.9	<i>Pinus leiophylla</i>	2.5
<i>Pinus rufa</i>	4.2	<i>Alnus acuminata</i>	2.1	<i>Abies religiosa</i>	1	<i>Pinus rufa</i>	2.3
<i>Salix paradoxa</i>	0.7	<i>Quercus affinis</i>	1	<i>Arbutus xalapensis</i>	0.9	<i>Quercus laurina</i>	2.3
<i>Pinus patula</i>	0.6	<i>Quercus crassipes</i>	0.6	<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.9	<i>Arbutus xalapensis</i>	0.8
TOTAL	100	<i>Cupressus lusitanica</i>	0.6	<i>Prunus serotinae</i>	0.9	<i>Quercus crassipes</i>	0.8
		<i>Juniperus deppeana</i>	0.3	TOTAL	100	<i>Pinus greggii</i>	0.6
		<i>Arbutus xalapensis</i>	0.2			TOTAL	100
		<i>Quercus crassifolia</i>	0.2				
		<i>Pinus hartwegii</i>	0.2				
		<i>Pinus greggii</i>	0.1				
		<i>Buddleja cordata</i>	0.1				
		TOTAL	100				

TABLA 5. Índice de valor de importancia relativa (IVI) del estrato arbustivo en el ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

<i>Pinus-Quercus</i>		<i>Pinus montezumae</i>		<i>Pinus patula</i>		<i>Pinus pseudostrobus</i>	
Especie	IVI %	Especie	IVI %	Especie	IVI %	Especie	IVI %
<i>Ageratina glabrata</i>	68.3	<i>Baccharis conferta</i>	49.9	<i>Ribes ciliatum</i>	24.5	<i>Baccharis conferta</i>	71.4
<i>Baccharis conferta</i>	26.2	<i>Ageratina glabrata</i>	25.3	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	14.9	<i>Buddleja parviflora</i>	10.9
<i>Ribes ciliatum</i>	5.5	<i>Buddleja parviflora</i>	13.6	<i>Buddleja parviflora</i>	13.7	<i>Ageratina glabrata</i>	8.2
TOTAL	100	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	7.9	<i>Senecio salignus</i>	12.8	<i>Gaultheria myrsinoides</i>	5.4
		<i>Senecio salignus</i>	3.4	<i>Ageratina glabrata</i>	11.5	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	4.2
		TOTAL	100	<i>Baccharis conferta</i>	8.4	TOTAL	100
				<i>Lonicera mexicana</i>	7.9		
				<i>Litsea glaucescens</i>	3.7		
				<i>Arctostaphylos pungens</i>	1.3		
				<i>Gaultheria myrsinoides</i>	1.3		
				TOTAL	100		

Finalmente, en el estrato herbáceo (Tabla 6) el IVI mostró que en las asociaciones bajo aprovechamiento maderable dos especies fueron las dominantes (*Mulhembergia macroura* y *Lachemilla procumbens*), con importancias ecológicas acumuladas entre 36% y 43%. En este estrato también se encontró la mayor cantidad de especies, aunque en su mayoría con valores de IVI menores a 5%.

DISCUSIÓN

Composición, riqueza y diversidad

En el presente estudio se encontraron menos especies (20) que las registradas por Castellanos-Bolaños *et al.* (2008) para un bosque de *Pinus patula* en Oaxaca, (26). Sin embargo, la cifra supera el intervalo de 11 a 18 especies obtenidas en el estrato arbóreo de bosques templados de pino-encino y

encino-pino bajo aprovechamiento maderable (Domínguez Gómez *et al.* 2018; Zacarias-Eslava, Cornejo-Tenorio, Cortés-Flores, González-Castañeda e Ibarra-Manríquez, 2011; Delgado Zamora *et al.*, 2017; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; López-Hernández *et al.*, 2017; González-Tagle, Schwendenmann, Jiménez-Pérez y Schulz, 2008; Monarrez-Gonzalez *et al.*, 2020).

En el estrato arbustivo, Vázquez-Cortes *et al.* (2018) registraron 12 especies para un bosque de Oaxaca a partir de sitios donde se aplicó matarrasa, en los bordes de estas áreas y en sitios sin corta. Luna-Bautista *et al.* (2015) encontraron que el estrato arbustivo es uno de los que más contribuyen a la riqueza y diversidad de especies del bosque de *Pinus oaxacana* Mirov. en Oaxaca, y que incluso pueden presentar índices de diversidad mayores al de los árboles.



TABLA 6. Índice de valor de importancia relativa (IVI) del estrato herbáceo en el ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

<i>Pinus-Quercus</i>		<i>Pinus montezumae</i>	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Stipa</i> spp.	19.7	<i>Muhlenbergia macroura</i>	33.5
<i>Muhlenbergia macroura</i>	11.4	<i>Stipa</i> spp	8.8
<i>Roldana candicans</i>	10.3	<i>Trifolium amabile</i>	7
NI-8	6.3	<i>Geranium bellum</i>	5.2
<i>Geranium potentillifolium</i>	6.3	<i>Roldana candicans</i>	5
<i>Galium aschenbornii</i>	5.7	<i>Geranium potentillifolium</i>	3.9
NI-27	3.9	<i>Penstemon roseus</i>	3.6
<i>Physalis coztomatl</i>	3.6	<i>Eryngium monocephalum</i>	3.2
NI-11	3.5	<i>Lupinus montanus</i>	2.7
<i>Geranium bellum</i>	3.3	<i>Alchemilla procumbens</i>	2.6
<i>Didymaea alsinoides</i>	3.2	<i>Lithospermum distichum</i>	2.5
<i>Verbena bippinatifida</i>	3.2	NI-2	2.1
<i>Chimaphylla umbellata</i>	2.7	NI-7	2.1
NI-31	2.1	<i>Penstemon hartwegii</i>	2
<i>Eryngium monocephalum</i>	1.8	<i>Verbena bippinatifida</i>	2
*Otras especies	13.2	*Otras especies	13.8
Total	100	Total	100
<i>Pinus pseudostrobus</i>		<i>Pinus patula</i>	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Lachemilla procumbens</i>	20.1	<i>Muhlenbergia macroura</i>	33.5
<i>Muhlenbergia macroura</i>	16.3	<i>Lachemilla procumbens</i>	9.9
<i>Roldana candicans</i>	5.5	<i>Stipa</i> spp	4.6
NI-8	5.1	NI-8	4.5
<i>Penstemon roseus</i>	4.7	<i>Roldana candicans</i>	3.8
<i>Geranium potentillifolium</i>	4.1	<i>Galium aschenbornii</i>	3.7
<i>Stipa</i> spp	4.1	<i>Oxalis divergens</i>	3.5
<i>Geranium bellum</i>	3.2	NI-18	2.9
<i>Oxalis divergens</i>	3.2	<i>Fragaria mexicana</i>	2.8
<i>Verbena bippinatifida</i>	2.9	<i>Ribes ciliatum</i>	2.8
<i>Galium aschenbornii</i>	2.7	<i>Geranium bellum</i>	2.5
<i>Fragaria mexicana</i>	2.5	<i>Penstemon roseus</i>	2.3
<i>Lonicera mexicana</i>	2.4	<i>Lonicera mexicana</i>	2.2
<i>Eryngium monocephalum</i>	2.2	<i>Verbena bippinatifida</i>	2
NI-4	2.1	<i>Geranium potentillifolium</i>	1.9
*Otras especies	19	*Otras especies	16.9
Total	100	Total	100

Con respecto a la diversidad alfa, en el presente trabajo se encontró un valor máximo del índice de Margalef de 1.24 para el área de conservación (PQ); por consiguiente, presentó mayor riqueza que las áreas bajo aprovechamiento (0.63 - 0.75) o que las estudiadas por Návar-Chaidez y González-Elizondo (2009), Hernández-Salas *et al.* (2013) para áreas bajo aprovechamiento maderable en el noroeste de México, con valores de 1.0 y 0.81-0.90, respectivamente. Ahora bien, Graciano-Ávila *et al.* (2017) y López-Hernández *et al.* (2017) en Puebla, México, encontraron mayor diversidad con valores de 1.58 y 1.34, respectivamente.

El índice de Simpson máximo de este trabajo se encontró en el estrato herbáceo del área bajo aprovechamiento maderable (0.62), mientras que el valor más alto del arbolado fue para el área de conservación (0.65). Zacarías-Eslava *et al.* (2011) obtuvieron valores de 0.18 a 0.45 para el estrato arbóreo, similares a los encontrados en este estudio para el área bajo aprovechamiento maderable.

Las investigaciones en bosques manejados en México, generalmente, no incluyen información sobre el sotobosque, no obstante que Luna-Bautista *et al.* (2015) lo señalan como el de mayor riqueza y diversidad, independientemente del tratamiento silvícola y tiempo de aplicación analizados.

Estructura horizontal y vertical

La estructura de J invertida en la distribución diamétrica se debe, en parte, a que los pinos se establecen al abrirse claros como consecuencia de las cortas de regeneración y muestran la reposición del piso forestal después de la corte. Este tipo de distribución ha sido observada en estudios realizados en bosques templados de pino y pino-encino bajo aprovechamiento de Puebla, Oaxaca y Durango (Solís-Moreno *et al.*, 2006; Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008; Návar-Chaidez y González-Elizondo, 2009; Luna-Bautista *et al.*, 2015; Delgado-Zamora *et al.*, 2017; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; López-Hernández *et al.*, 2017; Medrano Meraz *et al.*, 2017; Vásquez-Cortez *et al.*, 2018).

En el caso de PQ, la ausencia de cortas de regeneración desde hace 50 años permite que haya una mayor cantidad

de arbolado de grandes dimensiones (Asociación de Silvicultures de la Región Forestal Pachuca-Tualancingo, A.C., 2015), al compararse con las otras asociaciones. Esta es una característica propia de los bosques naturales o que no han tenido disturbios frecuentes (Smith *et al.*, 1997). La estructuras horizontal y vertical de PQ, la ausencia de registros de arbolado con edad o dimensiones considerables y el historial de disturbios de la región indican que se trata de un bosque secundario (Chokkalingam y de Jong, 2001).

Las diferencias en la distribución de diámetros y alturas dentro de cada asociación vegetal pueden deberse al tiempo transcurrido desde la aplicación de las cortas de regeneración. Las intervenciones silvícolas más recientes se realizaron en Ppt y Pps y las más antiguas en Pmn (Asociación de Silvicultures de la Región Forestal Pachuca-Tualancingo, A.C., 2015).

Índice de valor de importancia

En las asociaciones bajo aprovechamiento maderable se encontró mayor dominancia de *Pinus*, lo que muestra que el bosque del área de conservación es más heterogéneo en su composición de especies. Esta misma situación ha sido observada en otras áreas bajo manejo en Durango (Graciano-Ávila *et al.*, 2017), Chihuahua (López-Hernández *et al.*, 2017), Puebla (Hernández-Salas *et al.*, 2012) y Oaxaca (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008), donde las prácticas silvícolas han favorecido al género *Pinus*. Este tipo de patrón es esperado de acuerdo con los objetivos y método de manejo aplicado en el área, ya que a través de cortas de regeneración de árboles padre se busca obtener bosques regulares monoespecíficos y coetáneos. Los aclareos no comerciales y comerciales aplicados posteriormente contribuyen a lograr estos objetivos, reflejándose en un IVI de más de 70% para *Pinus* en las tres asociaciones con manejo y de, al menos, 45% para la especie que define la asociación vegetal.

Como se observó en este estudio, los valores de IVI y la composición taxonómica de las asociaciones reflejan el efecto de las prácticas silvícolas. Sin embargo, sería recomendable considerar también las características del



sitio, tales como la altitud, pendiente y exposición, pues son determinantes de la dominancia estructural (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008; Graciano-Ávila *et al.*, 2017).

El sotobosque (estratos arbustivo y herbáceo) es un componente de los bosques templados que concentra una alta diversidad (Luna-Bautista *et al.*, 2015; Mejía-Canales, Franco-Maas, Endara, Ávila, 2018), además de ser un elemento clave para el ciclo de nutrientes a partir de la incorporación de materia orgánica al suelo, como hábitat y fuente de alimento para la fauna o protección física al suelo (Guillian, 2007).

En el estrato arbustivo se encontraron algunas especies pioneras que aparecen y se desarrollan posteriormente a un disturbio, por ejemplo, *Baccharis conferta*, *Senecio salignus* DC. y *Arctostaphylos pungens* Kunth (Márquez *et al.*, 1999). Las diferencias en la composición del sotobosque están relacionadas con las características del dosel, ya que este impacta en la cantidad de luz disponible y, por lo tanto, en las especies que pueden proliferar (Ross, Flanagan y La Roi, 1986). Por consiguiente, la incidencia de disturbios, como las cortas de regeneración y los aclareos, tiene efectos sobre el sotobosque; del mismo modo las características del sitio, como la pendiente y la exposición, se relacionan con su abundancia (Stephen y Chen, 2006). Estos resultados son consistentes con la composición, la riqueza y la diversidad de las especies, así como con el valor de importancia de los estratos en cada asociación.

CONCLUSIONES

Debido a las diferencias encontradas en composición, diversidad y estructura entre las condiciones bajo

aprovechamiento maderable no es posible considerarlas menos complejas y diversas que el área de conservación. Por lo anterior, las prácticas silvícolas realizadas en el bosque analizado contribuyen al logro de un manejo forestal sustentable.

Las especies arbóreas con mayor contribución estructural en el estrato arbóreo fueron *Pinus montezumae*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*; en el estrato arbustivo *Baccharis conferta*, *Ageratina glabatra* y *Ribes ciliatum* y, dentro de las herbáceas, el mayor componente estructural estuvo representado por *Muhlenbergia macroura*, *Lachemilla procumbens* y *Stipa* sp.

La mayor diversidad de especies del estrato arbustivo y herbáceo se encontró en las condiciones bajo aprovechamiento maderable y, para el estrato arbóreo, en el área sin manejo. Los resultados de este trabajo ofrecen un referente para contrastar los cambios que experimenta el bosque a través del tiempo a causa de disturbios naturales o de las prácticas silvícolas y podrán representar la base para el desarrollo de estrategias de manejo, conservación y uso del bosque.

RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada a la primera autora para realizar estudios de maestría. A la asamblea y los representantes del ejido El Nopalillo, Hidalgo que permitieron la realización de esta investigación en su bosque y a las familias Montiel Castelán y Vera Castelán por toda la ayuda en el trabajo de campo.

ANEXO 1. Especies arbóreas, arbustivas y herbáceas registradas en el bosque del ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Forma de vida	Familia	Especie*	Autoridad
Árbol	Asparagaceae	<i>Furcraea parmentieri</i>	(Roexl) García-Mend.
Árbol	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Kunth
Árbol	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Mill.
Árbol	Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Steud.
Árbol	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Kunth
Árbol	Fagaceae	<i>Quercus affinis</i>	Scheidw.
Árbol	Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	Bonpl.
Árbol	Fagaceae	<i>Quercus crassipes</i>	Bonpl.
Árbol	Fagaceae	<i>Quercus laurina</i>	Bonpl.

ANEXO 1. Especies arbóreas, arbustivas y herbáceas registradas en el bosque del ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Forma de vida	Familia	Especie*	Autoridad
Árbol	Pinaceae	<i>Abies religiosa</i>	(Kunth) Schltdl. & Cham.
Árbol	Pinaceae	<i>Pinus greggii</i>	Engelm. ex Parl.
Árbol	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i>	Lindl.
Árbol	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i>	Schiede ex Schltdl. & Cham.
Árbol	Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	Lamb.
Árbol	Pinaceae	<i>Pinus patula</i>	Schiede ex Schltdl. & Cham.
Árbol	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Lindl.
Árbol	Pinaceae	<i>Pinus teocote</i>	Schiede ex Schltdl. & Cham.
Árbol	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Ehrh.
Árbol	Salicaceae	<i>Salix paradoxa</i>	Kunth
Árbol	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Kunth
Arbusto	Asteraceae	<i>Ageratina glabrata</i>	Kunth
Arbusto	Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i>	Kunth
Arbusto	Asteraceae	<i>Senecio salignus</i>	DC.
Arbusto	Caprifoliaceae	<i>Lonicera mexicana</i>	(Kunth) Rehder
Arbusto	Caprifoliaceae	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	Kunth
Arbusto	Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Kunth
Arbusto	Ericaceae	<i>Gaultheria myrsinoides</i>	Kunth
Arbusto	Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i>	Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.
Arbusto	Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>	Kunth
Arbusto	Scrophulariaceae	<i>Buddleja parviflora</i>	Kunth
Hierba	Apiaceae	<i>Eryngium monocephalum</i>	Cav.
Hierba	Asteraceae	<i>Dahlia scapigera</i>	(A.Dietr.) Knowles & Westc.
Hierba	Asteraceae	<i>Cirsium ehrenbergii</i>	Sch.Bip.
Hierba	Asteraceae	<i>Roldana candicans</i>	(Née) Villaseñor, S. Valencia & Coombes
Hierba	Asteraceae	<i>Senecio1 sp</i>	L.
Hierba	Asteraceae	<i>Senecio2 sp</i>	L.
Hierba	Asteraceae	<i>Stevia1 sp</i>	Cav.
Hierba	Asteraceae	<i>Stevia2 sp</i>	Cav.
Hierba	Boraginaceae	<i>Lithospermum distichum</i>	Ortega
Hierba	Caprifoliaceae	<i>Lonicera mexicana</i>	(Kunth) Rehder
Hierba	Caryophyllaceae	<i>Arenaria lycopodioides</i>	Willd. ex Schltdl.
Hierba	Ericaceae	<i>Chimaphila umbellata</i>	(L.) Nutt.
Hierba	Geraniaceae	<i>Geranium bellum</i>	Rose
Hierba	Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i>	Peyr.
Hierba	Geraniaceae	<i>Geranium potentillifolium</i>	DC.
Hierba	Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i>	Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.
Hierba	Lamiaceae	<i>Salvia laevis</i>	Benth.
Hierba	Leguminosae	<i>Lupinus montanus</i>	Kunth
Hierba	Leguminosae	<i>Trifolium amabile</i>	Kunth
Hierba	Lentibulariaceae	<i>Pinguicula moranensis</i>	Kunth
Hierba	Orobanchaceae	<i>Castilleja scorzonerifolia</i>	Kunth
Hierba	Rosaceae	<i>Fragaria vesca</i>	L.
Hierba	Rosaceae	<i>Lachemilla procumbens</i>	Rose
Hierba	Rubiaceae	<i>Didymaea alsinoides</i>	(Cham. & Schltdl.) Standl.
Hierba	Rubiaceae	<i>Galium aschenbornii</i>	Schauer
Hierba	Onagraceae	<i>Fuchsia thymifolia</i>	Kunth
Hierba	Orchidaceae	<i>Goodyera striata</i>	Rchb.f.
Hierba	Orobanchaceae	<i>Lamourouxia multifida</i>	Kunth



ANEXO 1. Especies arbóreas, arbustivas y herbáceas registradas en el bosque del ejido Nopalillo, Hidalgo, México.

Forma de vida	Familia	Especie*	Autoridad
Hierba	Oxalidaceae	<i>Oxalis divergens</i>	Benth. ex Lindl.
Hierba	Plantaginaceae	<i>Penstemon campalunatus</i>	(Cav.) Willd.
Hierba	Plantaginaceae	<i>Penstemon hartwegii</i>	Benth.
Hierba	Plantaginaceae	<i>Penstemon roseus</i>	(Cerv. ex Sweet) G. Don
Hierba	Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i>	(Humb., Bonpl. & Kunth) Hitchc.
Hierba	Poaceae	<i>Stipa</i> sp	L.
Hierba	Solanaceae	<i>Physalis coztomatl</i>	Dunal
Hierba	Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i>	M. Martens & Galeotti
Hierba	Verbenaceae	<i>Verbena bippinatifida</i>	Nutt.
Hierba	Verbenaceae	<i>Verbena recta</i>	Kunth

* No se incluyen 8 taxones identificados solo a nivel de Familia (Asteraceae) y 12 especies más sin identificar

REFERENCIAS

- Asociación de Silvicultores de la Región Forestal Pachuca-Tualancingo, A. C. (2015). Programa de Manejo Forestal, nivel avanzado, para el ejido Nopalillo, Epazoyucan, Hidalgo. Reporte Técnico. 169 p.
- Calderón de Rzedowski, G. de & Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México* (2a. ed.), versión digital., Pátzcuaro, México: Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán). Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Musalem-Santiago, M., & López-Aguillón, R. (2008). Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14(2), 51–63. doi: 10.21829/myb.2008.1421212
- Corral Rivas, J. J., Aguirre Calderón, O. A., Jiménez Pérez, J., & Corral Rivas, S. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el Bosque Mesófilo de Montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 14(2), 217–228. Recuperado de [http://www.inia.es/gcontrec/pub/217-228-\(30_0S\)-Un_analisis_1162281437750.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/217-228-(30_0S)-Un_analisis_1162281437750.pdf)
- Chokkalingam, U. and de Jong, W. 2001. Secondary forest: a working definition and typology *International Forestry Review*, 3(1), 19–26. Recuperado de www.jstor.org/stable/42609342?seq=1
- Comisión Nacional Forestal [Conafor] (2014). Inventario estatal forestal. Hidalgo. Zapopan., Jalisco. 172 p.
- Comisión Nacional Forestal [Conafor] (2017). Inventario nacional forestal y de suelos. Informe de resultados 2009-2014. Zapopan, Jalisco. 200 p.
- Delgado Zamora, D. A., Heynes Silerio, S. A., Mares Quiñones, M. D., Piedra Leandro, N. L., Retana Rentería, F. I., Rodríguez Corral, K., ..., & Ruacho-González, L. (2017). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 094–107. doi: 10.29298/rmcf.v7i33.92
- Del Río M., F. Montes, I. Cañellas, & G. Montero. (2003). Revisión: índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria. Sistemas y recursos forestales*, 12(1), 159-176.
- Domínguez Gómez, G. T., Hernández González, B. N., González Rodríguez, H., Cantú Silva, I., Alanís Rodríguez, E., & Alvarado, M. del S. (2018). Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 9-34. doi: 10.29298/rmcf.v9i50.227
- Franklin, J. F., Spies, T. A., Pelt, R. Van, Carey, A. B., Thornburgh, D. A., Berg, D. R., ..., & Chen, J. (2002). Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management*, 155, 399-423. doi: 10.1016/S0378-1127(01)00575-8
- Gadow, K. von & Hui, G. (1999). Modelling stand development. En K. von Gadow & G. Hui (eds.), *Modelling forest development*. Forestry Science, Vol. 57. Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-94-011-4816-0_3
- Gilliam, F. S. (2007). The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. *BioScience*, 57(10), 845-858. doi: 10.1641/B571007
- González Elizondo, M. S. y González Elizondo, M. (2014). Familia Ericaceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, 183.
- González-Tagle, M. A., Schwendenmann, L., Jiménez-Pérez, J., & Schulz, R. (2008). Forest structure and woody plant species composition along a fire chronosequence in mixed pine-oak

- forest in the Sierra Madre Oriental, northeast Mexico. *Forest Ecology and Management*, 256, 161-167. doi:10.1016/j.foreco.2008.04.021
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., & Mora-Olivo, A. (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del norte de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 137-146. doi: 10.21829/myb.2017.2331480
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., ..., & Domínguez-Pereda, L. A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del norte de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(2), 189-199. doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.08.052
- Jiménez, B. I., Damoa, A., Ochoa-Gaona, S., & Clak, T. R. (2014). Impact of silvicultural methods on vascular epiphytes (ferns, bromeliad and orchids) in a temperate forest in Oaxaca, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 329, 10-20. doi: 10.1016/j.foreco.2014.02.004
- Kimmins, J. P. (1997). *Forest Ecology. A Foundation for Sustainable Management*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 611 p.
- Koleff, P., Gaston, K. J., & Lennon, J. J. (2003). Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology*, 72(3), 367-382. doi: 10.1046/j.1365-2656.2003.00710.x
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monárez-González, J. C., González-Tagle, M. A., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39-51. doi: 10.21829/myb.2017.2311518
- Luna-Bautista, L., Hernández-de la Rosa, P., Velázquez-Martínez, A., Gómez-Guerrero, A., & Acosta-Mireles, M. (2015). El sotobosque en la composición y diversidad de áreas bajo manejo forestal en Santa Catarina Ixtépeji, Oaxaca. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(1), 109-121. doi: 10.5154/r.rchscfa.2014.08.037
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. (9^a ed.). United Kingdom: Blackwell Publishing Company.
- Márquez-Linares, M. A., González-Elizondo, S., & Alvarez-Zagoya, R. (1999). Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango, Méx. *Madera y Bosques*, 5(2), 67-78. doi: 10.21829/myb.1999.521348
- Medrano Meraz, M. D. J., Hernández, F. J., Corral Rivas, S., & Nájera Luna, J. A. (2017). Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40), 57-68. doi: 10.29298/rmcf.v8i40.36
- Mejía-Canales, A., Franco-Maas S., Endara A., A. R., & Ávila A., V. (2018). Caracterización del sotobosque en bosques densos de pino y oyamel en el Nevado de Toluca, México. *Madera y Bosques*, 24(3), e2431656. doi: 10.21829/myb.2018.2431656
- Monárez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A. y González-Elizondo, M. S. (2018). Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*, 24 (2), e2421569. doi: 10.21829/myb.2018.2421569
- Monarrez-Gonzalez, J. C., Gonzalez-Elizondo, M. S., Marquez-Linares, M. A., Gutierrez-Yurrita, P. J., & Perez-Verdin, G. (2020). Effects of forest management on tree diversity in temperate ecosystem forest in northern Mexico. *PLoS ONE*, 15(5), e0233292. doi: 10.1371/journal.pone.0233292
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H., &. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: John Wiley & Sons.
- Návar-Cháidez, J., & González Elizondo, M. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, (27), 71-87.
- Nash, D. L., & Nee, M., (1984). Verbenaceae. *Flora de Veracruz*, 41, 1-154.
- Ramírez-Santiago, R., Ángeles-Pérez, G., Hernández-de la Rosa, P., Cetina-Alcalá, V. M., Plascencia-Escalante, F. 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), e2531818. doi: 10.21829/myb.2019.2531818
- Ross, M. L., Flanagan, L. B., & La Roi, G. H. (1986). Seasonal and successional changes in light quality and quantity in the understory of boreal forest ecosystems. *Canadian Journal of Botany*, 64(11), 2792-2799. doi.org/10.1139/b86-337
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2010). Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. México; Diario Oficial de la Federación. Recuperado de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janum/Documentos/Ciga/agenda/DOFs/DO2454.pdf>
- Smith, D. M., Larson, B. C., Kelty, M. J., & Ashton, P. M. S. (1997). *The practice of silviculture: applied forest ecology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Solís Moreno, R., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., Jiménez Pérez, J., Jurado Ybarra, E., & Corral-Rivas, J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas



- forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49-54. doi: 10.21829/myb.2006.1221242
- Stephen, A. H. & Chen, J. Y. H. (2008). Fire, logging, and overstory affect understory abundance, diversity, and composition in boreal forest. *Ecological Monographs*, 78(1), 123-140. doi: 10.1890/06-2140.1
- The Plant List (2013). Recuperado de <http://www.theplantlist.org>
- The R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing, version 3.6.1. Vienna, Austria.
- Vásquez-Cortez, V. F., Clark-Tapia, R., Manzano-Méndez, F., González-Adame, G., & Aguirre-Hidalgo, V. (2018). Estructura, composición y diversidad arbórea y arbustiva en tres condiciones de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 24(3), 1-13. doi: 10.21829/myb.2018.2431649
- Wan Razali, W. M. & Wan Mohd. Shukri, W. A. (1999). An evaluation of statistical reliability in SMS's pre-felling inventory: the case for confidence and error levels. *Journal of Tropical Forest Science*, 11(1):11-25. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/43582511?seq=1>
- Wolf, J. H. D. (2005). The response of epiphytes to anthropogenic disturbance of pine-oak forests in the highlands of Chiapas, México. *Forest Ecology and Management*, 212, 376-393. doi: 10.1016/j.foreco.2005.03.027

- Zacarias-Eslava, L. E., Cornejo-Tenorio, G., Cortés-Flores, J., González-Castañeda, N., & Ibarra-Manríquez, G. (2011). Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), 854-869. doi: 10.22201/ib.20078706e.2011.3.684
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis*. Pearson new international edition (5th ed.). New Jersey, USA: Prentice Hall.

Manuscrito recibido el fecha

Aceptado el fecha

Publicado el 9 de julio de 2021

Este documento se debe citar como:

Rendón-Pérez, M. A., Hernández-de la Rosa, P., Velázquez-Martínez, A., Alcántara-Carbajal, J. L., & Reyes-Hernández, V. J. (2021). Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México. *Madera y Bosques*, 27(1), e2712127. doi: 10.21829/myb.2021.2712127



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercialCompartirIgual 4.0 Internacional.