

Riqueza florística en un bosque bajo manejo forestal en la Sierra Norte de Puebla, México

Floristic richness in a managed forest in the Sierra Norte de Puebla, México

Rosario Gutiérrez-Batalla¹ , Juan Antonio Barrón-Sevilla^{1*} , Guillermo Melardo Luna-González¹ , Miguel Gutiérrez-Mauricio¹ 

¹Tecnológico Nacional de México/ I.T.S. Sierra Norte de Puebla, Av. José Luis Martínez Vázquez 2000, Barrio de Jicolapa, CP. 73315, Zácatlán, México.

*Autor de correspondencia: juan.bs@zacatlán.tecnm.mx

Artículo científico

Recibido: 07 de febrero 2025

Aceptado: 28 de noviembre 2025

RESUMEN. En México, el 9% de la superficie ocupada por ecosistemas forestales se aprovecha a través de programas de manejo forestal. Una demanda reciente al sector forestal es monitorear y evaluar el impacto del manejo sobre la vegetación. Con el objetivo de generar información de referencia, se describió la composición florística en áreas bajo manejo forestal y un área excluida del manejo, en el ejido Poxcuatzingo, Zácatlán, Puebla. Los sitios de muestreo se ubicaron en áreas sujetas a diferentes tratamientos silvícolas y de conservación, de acuerdo con el programa de manejo forestal vigente, y se registró información sobre la incidencia de especies. Se registraron 75 especies de fanerógamas. La forma de crecimiento con mayor riqueza corresponde a las herbáceas (53 especies), seguida por la arbustiva (15) y arbórea (7). Las familias Asteraceae, Rosaceae y Fagaceae contribuyen con la mayor riqueza de especies, y las áreas sujetas a corta de liberación poseen la mayor riqueza. Las áreas sujetas a diferentes tratamientos silvícolas poseen una composición característica, la cual es significativamente distinta del resto. La similitud en composición florística entre diferentes tratamientos va de baja a alta, y aparentemente no hay pérdida de especies a lo largo de la rotación en la aplicación de los tratamientos. Se sugiere: 1) usar estos resultados como una referencia regional para monitorear el impacto del manejo forestal sobre la riqueza florística, 2) identificar áreas representativas de la aplicación de tratamientos silvícolas para describir su composición y usarla como información de referencia para el monitoreo en otras regiones.

Palabras clave: Conservación de biodiversidad, certificación forestal, Ejido Poxcuatzingo, UMAFOR 2108, manejo forestal sustentable.

ABSTRACT. In Mexico, 44% of the area occupied by forest ecosystems is harvested through forest management programs. A recent demand on the forestry sector is to monitor and evaluate the impact of management on vegetation. With the aim of generating reference information, the floristic composition was described in areas under forest management and an area excluded from management in the Poxcuatzingo ejido, Zácatlán, Puebla. The sampling sites were located in areas subject to different silvicultural and conservation treatments, in accordance with the current forest management program, and information on the incidence of species was recorded. Seventy-five species of phanerogams were recorded. The richest growth form is herbaceous (53 species), followed by shrub (15) and tree (7). The families Asteraceae, Rosaceae and Fagaceae contribute the highest species richness, and areas subject to clear-cutting have the highest species richness. The areas subjected to different silvicultural treatments have a characteristic composition, which is significantly different from the rest. The similarity in floristic composition between different treatments ranges from low to high, and apparently there is no loss of species throughout the rotation in the application of the treatments. It is suggested: 1) to use our results as a regional reference to monitor the impact of forest management on floristic richness, 2) to identify representative areas of silvicultural treatments to describe their composition and use it as reference information for monitoring in other regions.

Key words: Biodiversity conservation, Ejido Poxcuatzingo, forest certification, UMAFOR 2108, sustainable forest management.

INTRODUCCIÓN

Los bosques y selvas de México abarcan aproximadamente 66 millones de hectáreas, de las cuales cerca del 9% se encuentra bajo programas de manejo forestal (CONAFOR 2024). La mayor parte del área forestal bajo manejo corresponde a bosques templados. Los bosques templados abarcan un área estimada en 34 millones de hectáreas, lo que representa cerca de la cuarta parte de la cobertura forestal del país. Estos ecosistemas no solo proporcionan productos forestales maderables y no maderables, sino también servicios ambientales (Galicia *et al.* 2018). Además de los beneficios socioeconómicos, el aprovechamiento regulado a través del manejo forestal genera un contexto que contribuye a la conservación de la biodiversidad (PNUD y CONAFOR 2017). La necesidad de conciliar estrategias de manejo y conservación ha fomentado la transición a esquemas de manejo forestal sustentable, lo que conlleva el cumplimiento de la normatividad ambiental, la implementación de prácticas de conservación de la biodiversidad, y la promoción de la certificación por la Norma Mexicana para la Certificación del Manejo Sustentable de los Bosques (NMX-AA-143-2015-SCFI) o los estándares del Forest Stewardship Council (FSC) (PNUD y CONAFOR 2017). Uno de los compromisos asociado a la certificación del manejo forestal, es monitorear los impactos sociales, económicos y ambientales de las actividades vinculadas al manejo forestal, lo que incluye la evaluación del impacto sobre la vegetación.

Los estudios que describen la composición florística en los bosques bajo manejo forestal son escasos, lo cual limita la evaluación y el monitoreo de sus efectos. En México se han reportado efectos variables del manejo forestal sobre la vegetación, principalmente del estrato arbóreo. Se ha observado que los tratamientos silvícolas modifican la composición y estructura del estrato arbóreo (Hernández-Salas *et al.* 2013, López-Hernández *et al.* 2017, Pérez-López *et al.* 2020, Rendón-Pérez *et al.* 2021). Otros estudios reportan una disminución en la diversidad, modificación en la dominancia y distribución espacial de las especies arbóreas, aunque concluyen que la riqueza arbórea puede conservarse (Hernández-Salas *et al.* 2013, Vázquez-Cortes *et al.* 2018, Ramírez-Santiago *et al.* 2019). Graciano-Ávila *et al.* (2020) sugieren que no hay cambios significativos en riqueza y diversidad en el estrato arbóreo, aunque algunos parámetros estructurales pueden verse modificados. El efecto del manejo forestal sobre otras formas de crecimiento que pueden incluir una alta riqueza de especies, como las herbáceas y arbustos ha sido menos estudiado (Luna-Bautista *et al.* 2015).

El conocimiento de los patrones de riqueza florística en bosques bajo manejo forestal constituye una referencia fundamental para el monitoreo, interpretación de resultados y análisis de tendencias (López-Hernández *et al.* 2017). En este contexto, el objetivo del estudio fue describir la riqueza fanerogámica en un bosque templado en la Sierra Norte de Puebla, México. Se asume que la riqueza y composición serán diferentes al comparar entre sí, áreas que reciben diferentes tratamientos silvícolas y áreas excluidas del manejo forestal, las cuáles serán consideradas como un bosque de referencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó dentro de las áreas de producción forestal del Ejido Poxcuatzingo, cuyo decreto de creación se remonta al 14 de agosto de 1946. Se localiza en el municipio de Zacatlán, Puebla, México, y cuenta con una extensión de 458.9 ha, de las cuales 251.3 están destinadas a la producción forestal maderable y 3 corresponden a una franja de vegetación ribereña para la protección de cauces y cuerpos de agua. El resto corresponde a otras actividades productivas y asentamientos. Forma parte de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico. El rango altitudinal abarca 2 440-2 670 m. El clima es templado húmedo con lluvias en verano. La precipitación promedio anual oscila entre 1 000-1 200 mm, y la temperatura promedio oscila entre 14°C y 16°C.

La producción forestal es gestionada por medio del Programa de Manejo Forestal vigente durante el periodo 2013-2022, que se basa en el Método de Desarrollo Silvícola (MDS, Luna-González 2013). La producción forestal durante el periodo 2013-2022 fue gestionada a través de un Programa de Manejo Forestal que se basa en la aplicación del Método de Desarrollo Silvícola (MDS) (Luna-González 2013). Este método tiene como propósito generar masas forestales coetáneas, y se ejecuta por medio de tratamientos silvícolas y tratamientos complementarios. Los tratamientos silvícolas consisten en actividades de remoción del arbolado, que se aplican en áreas de corta especificadas en el programa de manejo forestal. Los tratamientos complementarios tienen como propósito crear condiciones adecuadas para el desarrollo de la masa forestal, e incluyen actividades como podas y eliminación de arbustos y herbáceas que pueden competir con el arbolado juvenil. Cada área de corta recibe un tratamiento silvícola diferente y varios tratamientos complementarios en cada ciclo de corta, el cual tiene una duración de 10 años para el ejido Poxcuatzingo. En ciclos de corta sucesivos, las áreas de corta reciben diferentes tratamientos silvícolas de forma secuencial. Los tratamientos silvícolas del MDS incluyen corta de regeneración con retención de árboles semilleros (CR), corta de liberación (CL) y tres cortas de aclareo (CA1, CA2 y CA3). La CR tiene como propósito asegurar el establecimiento de una nueva masa forestal posterior al aprovechamiento maderable. Debido a que el programa de manejo del ejido Poxcuatzingo está enfocado en la producción maderable, las cortas de aclareo se aplican para el manejo de la densidad del arbolado. La corta de liberación fue ejecutada hasta el 2015 y consiste en la extracción de los árboles semilleros, una vez que se ha logrado el establecimiento de una nueva masa forestal. En 2016 el programa de manejo fue modificado y la regeneración de las masas forestales se ejecutó por medio de corta total o de matarrasa (CT) y posterior reforestación de las áreas intervenidas. Esto elimina la necesidad de aplicar una corta de liberación y evita los daños al arbolado juvenil que ocurren durante la extracción de los árboles semilleros.

Al concluir un periodo conocido como turno silvícola, todas las áreas de corta han recibido todos los tratamientos silvícolas. Para el Ejido Poxcuatzingo, el turno silvícola abarca 50 años. La 10^a anualidad del tercer ciclo de corta se ejecutó en 2022, acumulando un historial de aprovechamiento maderable de 30 años (Luna-González 2013). En 2025 la SEMARNAT autorizo un nuevo programa de manejo de recursos forestales maderables, que estará vigente hasta 2034. Desde 2022 el ejido participa en el Programa de Pago por Servicios Ambientales de la Comisión Nacional Forestal. Desde 2019 se encuentra certificado en manejo forestal sustentable de acuerdo con la NMX-AA-

143-SCFI-2015. Estas circunstancias conllevan el compromiso de monitorear el impacto del manejo forestal.

Sitios de muestreo y registro de información

Se establecieron sitios de muestreo de forma cuadrada de 400 m², cuyas dimensiones fueron compensadas por la pendiente del terreno (de-la-Vega y Ramírez-Maldonado 2010). Las especies arbóreas se registraron en esta superficie. Para reconocer las especies con crecimiento arbustivo, en cada sitio se delimitaron dos subsitios rectangulares de 40 m² cada una. Las herbáceas fueron registradas en 8 subsitios de forma cuadrada de 1 m² cada una.

En total se establecieron 12 sitios de muestreo en áreas sujetas a diferentes tratamientos silvícolas: CT (1), CR (1), CL (3), CA1 (2), CA2 (2), CA3 (2). Se incluyó un sitio en un área que no ha estado sujeta al aprovechamiento maderable por 76 años (ST), edad aproximada que se obtuvo por conteo de los anillos de crecimiento de los 3 árboles más altos y de mayor diámetro del sitio. Estos sitios fueron establecidos en áreas que ya se habían intervenido, y por ello, no recibirían tratamientos silvícolas adicionales durante el resto del ciclo de corta. La recolección de información en campo se realizó entre 2016, durante la temporada de lluvias, y 2017, durante la temporada de estiaje. La presencia de las especies fue registrada de conformidad con las categorías de estructura vertical establecidas en la NOM-152-SEMARNAT-2023: arbórea, arbustiva y herbácea (SEMARNAT 2023). En cada sitio de muestreo se registró la identidad y el total de especies presentes.

La identificación taxonómica se efectuó con apoyo de la Guía de campo de los pinos de México y América Central (Farjon *et al.* 1997), Flora fanerogámica del Valle de México (Calderón-de-Rzedowski y Rzedowski 2001), y Encinos de México (Romero-Rangel *et al.* 2015). Todas las especies fueron corroboradas con el Estudio Florístico de la Región Chignahuapan-Zacatlán (CONAFOR 2016).

Análisis

El recambio de especies entre tratamientos fue valorado a través del índice de diversidad beta de Whittaker, y la similitud de especies entre tratamientos se midió con el índice de Jaccard (Moreno 2001). La riqueza estimada de especies fue obtenida por medio del indicador para datos de incidencia Chao 2. Para evaluar si las áreas sujetas a diferentes tratamientos silvícolas poseen una composición distintiva, se puso a prueba la hipótesis nula de que no existe diferencia en la composición de especies. Se efectuó un análisis de varianza multivariado no paramétrico por permutaciones (PERMANOVA) de un criterio de clasificación, a partir de una matriz de incidencia de especies. El PERMANOVA es un método no paramétrico que permite comparar la composición de especies en muestras de diferentes grupos o tratamientos (Anderson 2001). Los supuestos del método permiten trabajar con datos de incidencia y no balanceados, aunque se requiere la elección de una medida de distancia adecuada para el análisis de la matriz de datos. Dada la naturaleza binaria de los datos de incidencia, para este análisis se usó el índice de Jaccard como medida de distancia. Para reconocer diferencias significativas entre pares de tratamientos silvícolas, se obtuvieron valores *p* por permutación, y se consideró $\alpha = 0.05$ como nivel de significancia para las comparaciones. Los análisis se realizaron con PAST 4.04 (Hammer *et al.* 2001).

RESULTADOS

Se registraron 75 especies agrupadas en 56 géneros y 28 familias (Tabla 1). Las familias con mayor riqueza de especies son Asteraceae (13), Rosaceae (6) y Fagaceae (5). En contraparte diez familias están representadas por una especie. La contribución por familia cambia entre tratamientos silvícolas. En las áreas de CT las familias con mayor riqueza son Asteraceae (6) y Rubiaceae (3); en CR Ericaceae (3); en CL Asteraceae (6), Caryophyllaceae (4) y Rosaceae (4); en CA1 Asteraceae (6); en CA2 Asteraceae (5); en CA3 Asteraceae (8), Fagaceae (4), Lamiaceae (3) y Rosaceae (3); en ST Asteraceae (8), Fagaceae (3), Lamiaceae (3) y Rosaceae (3).

Los géneros con mayor número de especies son *Quercus* (5), *Rubus* (4) y *Senecio* (3); mientras que 44 géneros están representados por una especie. Los géneros *Quercus* y *Rubus* están presentes en todos los tratamientos. En total, 21 especies se registraron en un solo tratamiento, y cuatro en todos los tratamientos silvícolas: *Chimaphila umbellata* (L.) W.P.C.Barton, *Galium pratermissum* Greenm., *Prunella vulgaris* L. y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. La riqueza total estimada mediante el índice Chao2 es de 95 especies. Debido a que en esta evaluación se registró alrededor del 80% de la riqueza estimada, es posible registrar especies adicionales con un mayor esfuerzo de muestreo.

La mayor riqueza de especies se registró en las áreas sujetas a CL (46), y la menor en áreas de CR (21). En el área ST se registraron 36 especies (Tabla 1), y todas las especies presentes en esta área, están presentes en otros tratamientos. La forma de crecimiento con mayor riqueza corresponde a las herbáceas con 53 especies, seguida de las especies de crecimiento arbustivo (15) y arbóreo (7, Figura 1). El tratamiento con la mayor riqueza de especies arbóreas y herbáceas fue CL, mientras que el mayor número de especies arbustivas se registró en CA3 (11), ST (10) y CA1 (9). La comparación de la composición florística por forma de crecimiento no mostró diferencias significativas para árboles ($p = 0.4886$) y arbustos ($p = 0.2369$), aunque sí para herbáceas y para la composición general ($p = 0.0001$).

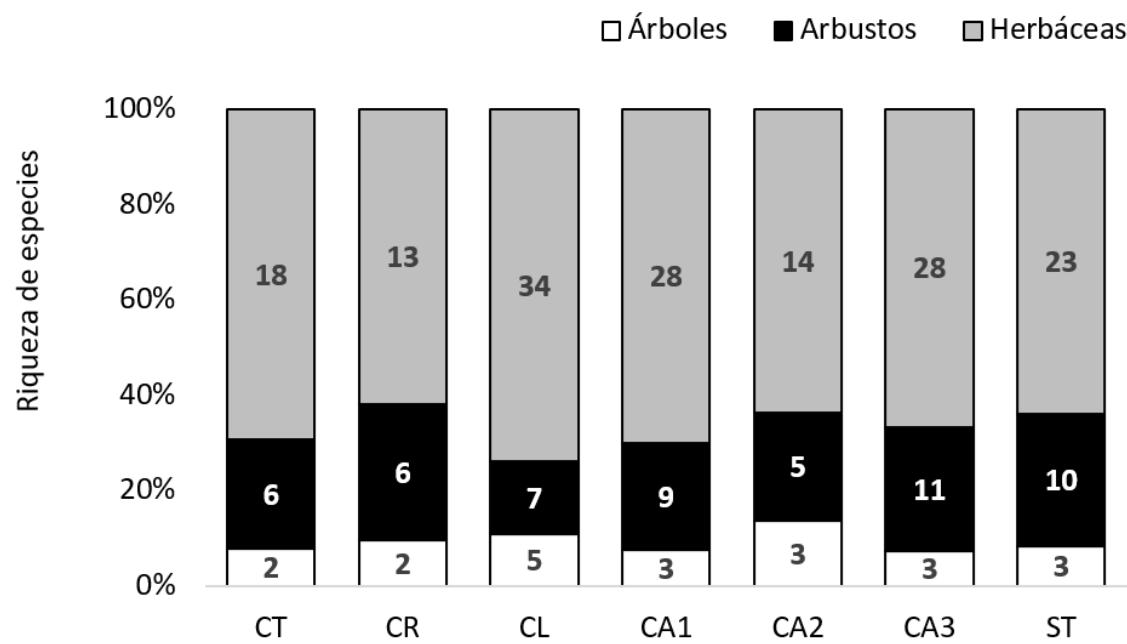
La diversidad beta, medida como el recambio de especies entre tratamientos, puede considerarse como alto ($\beta_W = 1.25$). Si bien se registran cambios en la composición de especies entre diferentes tratamientos, la similitud va de baja a alta ($IJ = 0.1 - IJ = 1$; Tabla 2). El grado de similitud entre tratamientos cambia en función de la forma de crecimiento. La mayor similitud en la composición de árboles se da entre CA1-CA3 y CA2-ST; para arbustos entre CA1-CA3 y CA1-ST; y para herbáceas entre CA1-ST y CA3-ST (Tabla 2).

Tabla 1. Especies registradas por tratamiento silvícola en el ejido Poxcuatzingo, Zacaatlán, Puebla.

Familia	Especie	FC	Tratamiento silvícola					
			CT	CR	CL	CA1	CA2	CA3
Apocynaceae	<i>Vinca major</i> L.	Herbácea					X	
Asteraceae	<i>Ageratina petiolaris</i> (Moc. & Sessé ex DC.) R.M.King & H.Rob.	Arbustiva	X		X			
Asteraceae	<i>Archibaccharis hirtella</i> Heering	Arbustiva	X				X	X
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i> Kunth	Arbustiva	X	X	X	X		X
Asteraceae	<i>Baccharis multiflora</i> Kunth	Arbustiva	X				X	X
Asteraceae	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth	Herbácea		X		X	X	
Asteraceae	<i>Cirsium nivale</i> Sch.Bip.	Herbácea		X		X		X
Asteraceae	<i>Dahlia merckii</i> Lehm.	Herbácea			X	X		X
Asteraceae	<i>Gnaphaliothamnus salicifolius</i> (Bertol.) G.L.Nesom	Herbácea		X				
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium inornatum</i> (DC.) Anderb.	Herbácea	X		X		X	X
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium viscosum</i> (Kunt) Anderb.	Herbácea			X			X
Asteraceae	<i>Senecio iodanthus</i> Greenm.	Herbácea	X			X	X	
Asteraceae	<i>Senecio sinuatus</i> Kunth	Arbustiva			X	X	X	X
Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Herbácea					X	X
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Arbórea			X			
Caprifoliaceae	<i>Lonicera mexicana</i> Rehder	Arbustiva				X	X	X
Caryophyllaceae	<i>Arenaria tetraquetra</i> L.	Herbácea	X	X	X	X	X	X
Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill	Herbácea		X	X			
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Herbácea		X	X			
Caryophyllaceae	<i>Stellaria umbellata</i> Turcz.	Herbácea		X	X			
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Herbácea			X			
Cyperaceae	<i>Carex praegracilis</i> W.Boott	Herbácea	X		X	X	X	X
Ericaceae	<i>Chimaphila umbellata</i> (L.) W.P.C. Barton	Herbácea	X	X	X	X	X	X
Ericaceae	<i>Vaccinium caespitosum</i> Michx.	Arbustiva	X	X	X	X		X
Ericaceae	<i>Vaccinium confertum</i> Kunth	Arbustiva	X			X		
Fabaceae	<i>Lupinus montanus</i> Kunth	Herbácea		X				
Fabaceae	<i>Lupinus uncinatus</i> Schltdl.	Herbácea			X			
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.	Herbácea			X	X	X	X
Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	Arbórea				X		X
Fagaceae	<i>Quercus glabrescens</i> Benth.	Arbórea		X		X		X
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	Arbórea	X		X		X	X
Fagaceae	<i>Quercus frutex</i> Trel.	Arbustiva		X	X	X	X	X
Fagaceae	<i>Quercus microphylla</i> Née	Arbustiva	X				X	X
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	Herbácea		X	X	X		X
Geraniaceae	<i>Geranium cruceroense</i> R.Knuth	Herbácea	X		X	X		X
Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	Herbácea			X			X
Lamiaceae	<i>Agastache mexicana</i> (Kunth) Lint & Epling	Herbácea					X	
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i> Vahl	Arbustiva		X	X	X	X	X
Lamiaceae	<i>Prunella vulgaris</i> L.	Herbácea	X	X	X	X	X	X
Lamiaceae	<i>Salvia stachyoides</i> Kunth	Herbácea				X		
Melastomataceae	<i>Miconia galeottii</i> (Naudin) Michelang.	Arbustiva			X			
Onagraceae	<i>Oenothera biennis</i> L.	Herbácea	X		X		X	
Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i> Aiton	Herbácea	X		X	X	X	X
Orobanchaceae	<i>Castilleja scorzonerifolia</i> Kunth	Herbácea					X	
Orobanchaceae	<i>Lamourouxia multifida</i> Kunth	Herbácea					X	
Oxalidaceae	<i>Oxalis alpina</i> (Rose) Rose ex R.Knuth	Herbácea		X	X		X	X
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Herbácea	X		X			X
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Herbácea	X		X			
Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Arbórea	X	X	X	X	X	X
Pinaceae	<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Arbórea			X		X	X
Plantaginaceae	<i>Penstemon miniatus</i> Lindl.	Herbácea		X				
Plantaginaceae	<i>Plantago mexicanus</i> Lam.	Herbácea						X
Plantaginaceae	<i>Sibthorpia repens</i> (Mutis ex L.) Kuntze	Herbácea			X			

Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.	Herbácea	X	X	X	X	X		
Poaceae	<i>Poa annua</i> L.	Herbácea	X	X	X	X	X		
Polygalaceae	<i>Monnieria ciliolata</i> Moc. & Sessé ex DC.	Arbustiva		X	X	X	X		
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L.	Herbácea	X	X	X		X		
Ranunculaceae	<i>Ranunculus petiolaris</i> Kunth	Herbácea	X						
Ranunculaceae	<i>Thalictrum strigillosum</i> Hemsl.	Herbácea	X						
Rhamnaceae	<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag.	Arbustiva			X	X	X		
Rosaceae	<i>Fragaria vesca</i> L.	Herbácea	X	X	X	X	X		
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Arbórea		X					
Rosaceae	<i>Rubus cymosus</i> Rydb.	Herbácea	X	X	X	X	X		
Rosaceae	<i>Rubus fruticosus</i> L.	Herbácea		X					
Rosaceae	<i>Rubus idaeus</i> L.	Herbácea			X		X		
Rosaceae	<i>Rubus pumilus</i> Focke	Herbácea	X	X		X	X		
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltdl.	Herbácea	X						
Rubiaceae	<i>Didymaea alsinoides</i> (Schltdl. & Cham.) Standl.	Herbácea		X					
Rubiaceae	<i>Galium praetermissum</i> Greenm.	Herbácea	X	X	X	X	X		
Rubiaceae	<i>Uncaria tomentosa</i> (Willd. ex Schult.) DC.	Herbácea	X	X	X	X	X		
Solanaceae	<i>Cestrum fasciculatum</i> (Schltdl.) Miers	Arbustiva	X						
Solanaceae	<i>Cestrum fulvescens</i> Fernald	Herbácea		X	X				
Solanaceae	<i>Solanum verrucosum</i> Schltdl.	Herbácea		X					
Urticaceae	<i>Urtica urens</i> L.	Herbácea		X			X		
Violaceae	<i>Pombalia verbenacea</i> (Standl. & Steyermark) H.E.Ballard & Paula-Souza	Herbácea	X	X	X				
		Total	26	21	46	40	22	42	36

FC: forma de crecimiento, CT: corta total, CR: corta de regeneración, CA1: primera corta de aclareo, CA2: segunda corta de aclareo, CA3: tercera corta de aclareo, CL: corta de liberación, ST: sin tratamiento.



Tratamiento silvícola

Figura 1. Riqueza de especies por forma de vida y tratamiento silvícola. CT: corta total, CR: corta de regeneración por retención de árboles semilleros, CA1: primera corta de aclareo, CA2: segunda corta de aclareo, CA3: tercera corta de aclareo, CL: corta de liberación, ST: sin tratamiento.

Tabla 2. Índices de similitud de Jaccard para formas de crecimiento por tratamiento silvícola.

		Total de especies						
		CT	CR	CL	CA1	CA2	CA3	ST
Árboles	CT		0.18	0.33*	0.29*	0.37	0.36*	0.35
	CR	0.33		0.22*	0.39*	0.23	0.29*	0.33*
	CL	0.40	0.17		0.43	0.33*	0.42	0.39
	CA1	0.25	0.67	0.14		0.35*	0.52	0.58
	CA2	0.67	0.25	0.60	0.20		0.36*	0.38*
	CA3	0.25	0.67	0.14	1.00	0.20		0.53
	ST	0.67	0.25	0.60	0.20	1.00	0.20	
Arbustos								
Herbáceas	CT		0.20	0.30	0.15	0.10	0.42	0.23
	CR	0.15		0.44	0.50	0.22	0.31	0.33
	CL	0.33*	0.18*		0.45	0.33	0.38	0.31
	CA1	0.35	0.32*	0.48		0.40	0.67	0.73
	CA2	0.45	0.23	0.30*	0.35*		0.45	0.36
	CA3	0.35	0.24*	0.48	0.44	0.35*		0.75
	ST	0.37	0.33	0.39	0.59	0.32	0.50	

CT: corta total, CR: corta de regeneración, CA1: primera corta de aclareo, CA2: segunda corta de aclareo, CA3: tercera corta de aclareo, CL: corta de liberación, ST: sin tratamiento. La diagonal principal separa grupos de especies por forma de crecimiento. El índice de similitud entre tratamientos se obtiene al seleccionar el lado correspondiente al grupo de especies de interés y ubicar el valor de la intersección entre tratamientos. El asterisco indica diferencia significativa entre pares de tratamientos.

DISCUSIÓN

En concordancia con lo registrado en bosques templados de México, la familia mejor representada en el ejido Poxcuatzingo es Asteraceae (Rzedowski 1981). Las familias Rosaceae y Fagaceae también contribuyen de forma importante a la riqueza florística observada, lo que coincide con estudios realizados dentro de la UMAFOR 2108 y en bosques bajo manejo forestal, mientras que la contribución de Fabaceae, Lamiaceae y Poaceae es menor a lo reportado en otros bosques templados (Granados-Sánchez *et al.* 2000, CONAFOR 2016, Pérez-Pardo *et al.* 2024, Ruiz-Aquino *et al.* 2025). Los géneros mejor representados en el ejido Poxcuatzingo son *Quercus*, *Rubus* y *Senecio*, lo que coincide con lo reportado para los bosques templados de las regiones montañosas del país (Rzedowski 1981, Granados-Sánchez *et al.* 2000, Ruiz-Aquino *et al.* 2025). La contribución de Ericaceae a la riqueza del estrato arbustivo en bosques templados ha sido señalada por Ern (1976) y Puig (1991), y su presencia en sitios sujetos a CR coincide con lo reportado en otros bosques bajo manejo forestal (Luna-Bautista *et al.* 2015).

En el ejido Poxcuatzingo la mayor riqueza de *Quercus* se observa en las áreas de conservación y en CA3 Se ha documentado que en bosques templados donde hay asociaciones de *Pinus-Quercus*, el

aprovechamiento maderable favorece la presencia de *Pinus* spp., y reduce la riqueza de *Quercus* spp. por extracción selectiva y apertura de claros que favorecen a los pinos (González-Espinosa *et al.* 2009, Rendón-Pérez *et al.* 2021). El programa de manejo forestal del Ejido Poxcuatzingo está orientado al aprovechamiento maderable de *Pinus* spp., cuya presencia persiste a través de actividades de reforestación después de cada aprovechamiento, y esto puede explicar la menor riqueza de *Quercus* spp. en los sitios sujetos a tratamientos silvícolas intensivos como CR o CT (Luna-Bautista *et al.* 2015). Estas observaciones coinciden con los cambios en la riqueza del estrato arbóreo por efecto del manejo forestal maderable (Hernández-Salas *et al.* 2013, López-Hernández *et al.* 2017, Pérez-López *et al.* 2020, Ruiz-Aquino *et al.* 2025).

Para 2022, al concluir el programa de manejo forestal, el Ejido Poxcuatzingo acumuló 30 años de manejo forestal con propósitos comerciales. Durante este lapso, la totalidad del área forestal bajo manejo ha sido intervenida durante tres ciclos de corta con diferentes tratamientos silvícolas. Además, es posible que el aprovechamiento forestal para el uso doméstico de leña y madera se remonte a la creación del ejido en 1946. La modificación del hábitat por aplicación de tratamientos favorece el arribo, desaparición o permanencia de las especies en función de sus requerimientos ecológicos (Jardel-Pelaez 2015), y también pueden favorecer la incorporación de malezas nativas o exóticas (Radosevich *et al.* 2007). La presencia de *P. vulgaris* en áreas con algún tratamiento silvícola es concordante con esto, ya que esta especie se reconoce como maleza exótica presente en bosques perturbados (Hanan-Alipi *et al.* 2009). Especies como *C. umbellata* y *G. pratermissum* también están presentes en todos los tratamientos, aunque no están consideradas como malezas. La presencia de *P. patula* en todos los tratamientos se explica por: 1) es una especie nativa de la Sierra Madre Oriental (Ern 1976, Rzedowski 1981) y de alto interés comercial, 2) su uso en plantaciones para dar seguimiento al programa de manejo forestal del ejido (Luna-González 2013). La mayor parte de los estudios florísticos realizados en bosques manejados se han enfocado al estrato arbóreo, por lo que existen huecos de conocimiento sobre la composición florística de otros estratos (Ruiz-Aquino *et al.* 2025). Los estudios que documentan esta composición permitirán la identificación de patrones florísticos asociados al manejo forestal.

Los resultados del análisis PERMANOVA sugieren que las áreas sujetas a diferentes tratamientos silvícolas tienen una composición florística significativamente distintiva. El grado de similitud entre tratamientos cambia en función del estrato, aunque no hay recambio completo de especies entre ningún tratamiento, incluso cuando se comparan los sitios excluidos del manejo forestal y los sitios sujetos a CT y CR, los tratamientos más intensivos. Aunque el estudio realizado es de tipo transversal, y el manejo forestal en el ejido Poxcuatzingo abarca 30 años de un turno silvícola de 50, la selección de áreas representativas de los diferentes tratamientos silvícolas representa, de forma aproximada, una cronosecuencia del manejo forestal (Pérez-López *et al.* 2020). Esto sugiere que el conjunto local de especies puede conservarse a lo largo de la rotación en la aplicación de los tratamientos silvícolas. Resultados similares fueron reportados por Hernández-Salas *et al.* (2013), quienes observaron que la riqueza arbórea local puede mantenerse después de la aplicación de los tratamientos silvícolas, aunque Pérez-López *et al.* (2020) encontraron que el impacto en la composición se refleja a nivel regional. Como una práctica para contribuir a la conservación de la diversidad florística a escala de paisaje (Vargas-Larreta 2013), la distribución de las áreas de corta

en el ejido Poxcuatzingo se ha planeado para asegurar la conectividad en la masa forestal durante la ejecución del programa de manejo (Luna-González 2013).

En los bosques templados de México la mayor riqueza florística se observa en los estratos herbáceo y arbustivo (Rzedowski 1981), lo que coincide con las observaciones en el ejido Poxcuatzingo y otros bosques bajo manejo forestal (Luna-Bautista *et al.* 2015, Rendón-Pérez *et al.* 2021, Ruiz-Aquino *et al.* 2025). Debido a la importancia del sotobosque en los procesos ecosistémicos y en la conservación de la biodiversidad, se ha establecido que el manejo forestal sustentable debe mantener y fomentar una alta riqueza florística en los estratos herbáceo y arbustivo (Lindenmayer *et al.* 2006, Lindenmayer 2009). Aunque se ha sugerido que la aplicación de tratamientos silvícolas de baja intensidad de extracción maderable mantiene la riqueza florística y complejidad estructural de los estratos herbáceo y arbustivo (Luna-Bautista *et al.* 2015, Rendón-Pérez *et al.* 2021), otros estudios no han encontrado diferencias al comparar la riqueza entre bosques con y sin manejo forestal (Duguid y Ashton 2013). Chávez y MacDonald (2012) han sugerido que un mosaico de parches de vegetación contribuye a mantener la riqueza florística del sotobosque. En el ejido Poxcuatzingo, los tratamientos silvícolas aplicados generan un mosaico de áreas con composición, edades y estructuras diferentes, que se rotan a lo largo del turno silvícola, aparentemente sin pérdida local de especies. Dado que cada área posee una composición particular, sugerimos: 1) usar los resultados como un referente general para monitorear el efecto del manejo forestal sobre la composición florística; 2) seleccionar áreas representativas de la aplicación de diferentes tratamientos para realizar acciones de monitoreo.

El ejido Poxcuatzingo representa cerca del 0.01% de la superficie correspondiente a la UMAFOR 2108, mientras que la flora fanerogámica registrada incluye el 16% de la riqueza registrada para la misma (CONAFOR 2016). Esta cifra podría incrementarse hasta un 21% si se considera la estimación Chao2 = 95 especies. Se ha sugerido que a nivel regional el manejo forestal contribuirá a evitar el cambio de uso de suelo por presiones agrícola, ganadera o residencial (Cruz-Huerta *et al.* 2015). En un escenario de deforestación y degradación forestal persistentes en México, el fomento al manejo forestal puede ser una valiosa estrategia de conservación de la diversidad florística, y en general, de los ecosistemas forestales.

CONCLUSIONES

Las familias y géneros con mayor riqueza de especies son Asteraceae, Rosaceae, Fagaceae, *Quercus*, *Rubus* y *Senecio*, que se encuentran entre los grupos representativos de los bosques templados de México. El estrato con mayor riqueza de especies fue el herbáceo, seguido del arbustivo y arbóreo. Se registraron especies compartidas entre todos los tratamientos y el grado en que se comparten es variable en función de la forma de crecimiento. Aunque el estudio realizado es de tipo transversal, y la información se registró en un bosque que no ha concluido su turno silvícola, los resultados sugieren que, si bien se observan modificaciones en la composición de especies al aplicar tratamientos silvícolas, la riqueza de especies podría conservarse. Se observó que, en concordancia con nuestra hipótesis, algunas áreas poseen una composición florística significativamente distinta

y ello permite reconocer algunos patrones en bosques bajo manejo. Esta información puede ser usada como referente para monitorear el efecto del manejo forestal sobre la vegetación.

AGRADECIMIENTOS

A los revisores y editores, cuya labor contribuyo a mejorar la redacción del documento final. A Federico Lecona Cazares por su apoyo en la delimitación de los sitios de muestreo y trabajo de campo. A Vidal Guerra de la Cruz por la asesoría en el diseño de los sitios de muestreo y el registro de la información. Al despacho de asesoría técnica forestal Silvícola Ocote Real S.C., por permitir la consulta del programa de manejo forestal. Al comisariado del Ejido Poxcuatzingo, por autorizar el ingreso a sus áreas de producción forestal y su colaboración en el trabajo de campo.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26(1): 32-46. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- Calderón-de-Rzedowski G, Rzedowski J (2001) Flora fanerogámica del Valle de México. 2^a. Edición. Instituto de ecología AC; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Xalapa, México. 1406p.
- Chávez V, MacDonald SE (2012) Partitioning vascular understory diversity in mixedwood boreal forests: the importance of mixed canopies for diversity conservation. *Forest Ecology and Management* 271: 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.12.038>
- CONAFOR (2016) Estudio florístico de la cuenca de abasto de la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla, México. Comisión Nacional Forestal. Puebla, México. 640p.
- CONAFOR (2024) DataBosques: Principales indicadores del sector forestal en México. <https://databosques.cnf.gob.mx/inicio/>. Fecha de consulta 5 de julio de 2024.
- Cruz-Huerta C, González-Guillén MJ, Martínez-Trinidad T, Escalona-Maurice MJ (2015) Modeling land-use change and future deforestation in two spatial scales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21(2): 137-156. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.06.025>
- De-la-Vega R, Ramírez-Maldonado H (2010) Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. México. 294p.
- Duguid MC, Ashton MS (2013) A meta-analysis of the effect of forest management for timber on understory plant species diversity in temperate forests. *Forest Ecology and Management* 303: 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.009>
- Ern H (1976) Descripción de la vegetación montañosa de los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala. Willdenowia Beiheft 10. Botanischen Garten und Botanischen Museum. Berlin. 128p.
- Farjon A, Pérez de la Rosa JA, Styles BT (1997) Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Garden; Oxford Forestry Institute. Oxford. 151p.

- Galicia L, Chávez-Vergara BM, Kolb M, Jasso-Flores RI, Rodríguez-Bustos LA, Solís LE, Guerra de la Cruz V, Pérez-Campusano E, Villanueva A (2018) Perspectivas del enfoque socioecológico en la conservación, el aprovechamiento y pago de servicios ambientales de los bosques templados de México. *Madera y Bosques* 24(2): e2421443. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421443>
- González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Galindo-Jaimes L, Camacho-Cruz A, Golicher D, Cayuela L, Rey-Benayas JM (2009) Tendencias y proyecciones del uso del suelo y la diversidad florística en Los Altos de Chiapas, México. *Investigación Ambiental* 1: 40-53.
- Graciano-Avila G, Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón OA, González-Tagle MA, Treviño-Garza EJ, Mora-Olivo A, Corral-Rivas JJ (2020) Cambios estructurales de la vegetación arbórea en un bosque templado de Durango, México. *Acta Botánica Mexicana* 127: e1522. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1522>
- Granados-Sánchez D, Germán-H R, López-Ríos GF (2000) Estudio ecológico florístico del municipio de Cuauhtepetl de Hinojosa, Hidalgo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6: 103-112.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Palaeontological Statistics. Version 4.04. Natural History Museum, University of Oslo. <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>. Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023.
- Hanan-Alipi AM, Mondragón-Pichardo J, Vibrans H (2009) Malezas de México, Ficha: *Prunella vulgaris* L. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/lamiaceae/prunella-vulgaris/fichas/pagina1.htm>. Fecha de consulta: 7 de julio de 2022.
- Hernández-Salas J, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Treviño-Garza EJ, González-Tagle MA, Luján-Álvarez C, Olivas-García JM, Domínguez-Pereda LA (2013) Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19: 189-199. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Jardel-Pelaez EJ (2015) Guía para la caracterización y clasificación de hábitats forestales. Comisión Nacional Forestal, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México. 109p.
- Lindemayer D (2009) Forest pattern and ecological process: a synthesis of 25 years of research. CSIRO Publishing. Australia. 308p.
- Lindenmayer DB, Franklin JF, Fischer J (2006) General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological conservation* 131: 433-445. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.019>
- López-Hernández JA, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Monarrez-González JC, González-Tagle MA, Jiménez-Pérez J (2017) Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques* 23: 39-51. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Luna-Bautista L, Hernández de la Rosa P, Velázquez-Martínez A, Gómez-Guerrero A, Acosta-Mireles M (2015) Understory in the composition and diversity of managed forest areas in Santa Catarina Ixtépeji, Oaxaca. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21: 109-121. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.08.037>
- Luna-González GM (2013) Programa de manejo forestal de nivel avanzado para el Ejido Acolihuia. Silvícola Ocote Real SC, Comisión Nacional Forestal. México. 86p.
- Moreno CE (2001) Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y El Caribe, Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 83p.
- Pérez-López RI, González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Toledo-Aceves T (2020) Efectos del “Método de Desarrollo Silvícola” sobre la diversidad arbórea en bosques húmedos de montaña del norte de

- Chiapas, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 91: e913326.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3326>
- Pérez-Pardo BE, Velázquez-Martínez A, Burgos-Hernández M, Reyes-Hernández VJ (2024) Floristic diversity and tree retention in intensively managed temperate forests: a case study in Puebla, México. *Forests* 15(6): 920. <https://doi.org/10.3390/f15060920>
- PNUD, CONAFOR (2017) Informe final. Proyecto biodiversidad en bosques de producción y mercados certificados. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Comisión Nacional Forestal. México. 89p.
- Puig H (1991) Vegetación de la Huasteca, México. Estudio fitogeográfico y ecológico. Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération; Instituto de Ecología AC; Centre d'Etudes Mexicaines et Centraméricaines. México. 625p.
- Radosevich SR, Holt JS y Ghersa CM (2007) Ecology of weeds and invasive plants. 5th Edition. John Wiley and Sons. New Jersey, USA. 454p.
- Ramírez-Santiago R, Ángeles-Pérez G, Hernández de la Rosa P, Cetina-Alcalá VM, Plascencia-Escalante O, Clark-Tapia R (2019) Efectos del aprovechamiento forestal en la estructura, diversidad y dinámica de rodales mixtos en la Sierra Juárez de Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 25: 2531818. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531818>
- Rendón-Pérez MA, Hernández-de-la-Rosa P, Velázquez-Martínez A, Alcántara-Carbajal JL, Reyes-Hernández VJ (2021) Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México. *Madera y Bosques* 27: e271227. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.271227>
- Romero-Rangel S, Rojas-Zenteno EC, Rubio-Licona E (2015) Encinos de México (*Quercus*, Fagaceae) 100 especies. Guía ilustrada. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 239p.
- Ruiz-Aquino, JA, Jiménez-Pérez J, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Rodríguez-Ortiz E (2025) Efecto del manejo forestal maderable sobre la estructura y diversidad del bosque de *Pinus* L. en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 16(87): 100-126. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i87.1492>
- Rzedowski J (1981) Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432p.
- SEMARNAT (2023) Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2023, Que establece los criterios y especificaciones del contenido de los programas de manejo forestal sustentable para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, lunes 24 de julio de 2023, México.
- Vargas-Larreta M (2013) Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad. Comisión Nacional Forestal; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Zapopan, Jalisco, México. 55P.
- Vázquez-Cortez VF, 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: e2431649. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431649>