



Caracterización de un **bosque templado** en un gradiente altitudinal en Oaxaca, México

Characterization of a temperate forest in an altitudinal gradient in Oaxaca, Mexico

Mario Ubaldo Velasco Luis¹, Alejandro Velázquez Martínez^{1*}, Patricia Hernández de la Rosa¹, Aurelio Manuel Fierros González¹ y José Amando Gil Vera Castillo²

¹ Colegio de Postgraduados. Postgrado en Ciencias Forestales. Texcoco, Edo. de México, México

² Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Texcoco, Edo. de México, México.

* Autor de correspondencia. alejvela@colpos.mx

RESUMEN

La caracterización de la vegetación sirve para generar directrices de manejo y conservación, sin embargo, pocos estudios en bosques templados integran a la vegetación del sotobosque. El objetivo del presente estudio fue describir la estructura, composición y diversidad florística arbórea, arbustiva y herbácea del bosque de pino-encino en un gradiente altitudinal en la comunidad de Miguel Hidalgo, San Antonio Huitepec, Oaxaca. Se tomaron variables dasométricas en 45 sitios distribuidos en tres intervalos altitudinales. Se estimaron la diversidad alfa y la beta, así como el índice de valor de importancia, y se compararon entre intervalos. Se identificaron 27 especies arbóreas, 25 arbustivas y 73 herbáceas. Se determinó una diversidad media, para arbóreas y herbáceas, y baja para arbustivas. La diversidad de las tres formas de vida no presentó un patrón de distribución definido; sin embargo, el intervalo altitudinal superior presentó el mayor valor promedio de área basal, altura y cobertura individual. *Pinus oocarpa* Schiede., *Gaultheria erecta* Vent. y *Pteridium aquilinum* var. *feeii* (W. Schaffn. ex Fée) Maxon presentaron el valor más alto del índice de valor de importancia en el intervalo altitudinal inferior e intermedio y *Pinus pseudostrabus* Lindl. y *Salvia cinnabarina* M. Martens & Galeotti en el intervalo altitudinal superior. El intervalo altitudinal superior presentó mejor estado de conservación influenciado por una menor perturbación antropogénica. Considerar al sotobosque en estudios de caracterización mejora la comprensión de la dinámica de crecimiento y desarrollo de la vegetación forestal.

PALABRAS CLAVE: conservación, diversidad, estructura, manejo forestal, riqueza, sotobosque.

ABSTRACT

Characterization of the vegetation helps to generate management and conservation guidelines, however, few studies in temperate forests integrate the understory vegetation. The objective of this study was to describe the structure, composition, and tree, shrub, and herbaceous floristic diversity of the pine-oak forest in an altitudinal gradient in the community of Miguel Hidalgo, San Antonio Huitepec, Oaxaca. Dasometric variables were taken at 45 sites distributed in three altitudinal intervals. Alpha and beta diversity were estimated, as well as the importance value index, and compared among intervals. 27 tree species, 25 shrubs and 73 herbaceous were identified. A medium diversity was determined for trees and herbs, and low for shrubs. The diversity of the three life forms did not present a defined distribution pattern; however, the upper altitudinal interval presented the highest average value of basal area, height, and individual coverage. *Pinus oocarpa* Schiede., *Gaultheria erecta* Vent. and *Pteridium aquilinum* var. *feeii* (W. Schaffn. ex Fée) Maxon presented the highest value of the importance value index in the lower and intermediate altitudinal range, and *Pinus pseudostrabus* Lindl. and *Salvia cinnabarina* M. Martens & Galeotti in the upper altitudinal range. The upper altitudinal interval presented a better state of conservation influenced by less anthropogenic disturbance. Considering the understory in characterization studies improves the understanding of the dynamics of growth and development of forest vegetation.

KEYWORDS: conservation, diversity, structure, forest management, richness, understory.

INTRODUCCIÓN

El análisis de las características de un ecosistema forestal como la estructura, la composición y la diversidad de especies a lo largo de un gradiente altitudinal permite comprender los cambios de las comunidades vegetales a diferentes altitudes (Ávila-Sánchez et al., 2018; Gong et al., 2019; Medrano-Meraz et al., 2017), ya que estos pueden ser evidentes en localidades con poca diferencia altitudinal y se prevé que con el cambio climático la distribución y la autoecología de las especies tengan cambios notables (Zacarías-Eslava y del Castillo, 2010).

Las modificaciones en los patrones de distribución de la diversidad de especies a escala regional o global están condicionados a factores como variación climática, latitud, origen geológico del suelo, historia evolutiva, efecto del área (McCain y Grytnes, 2010; Reich et al., 2010), características físicas y químicas del suelo (Sánchez-González y López-Mata, 2005), heterogeneidad de hábitats, complejidad estructural y heterogeneidad topográfica (Lee y Chun, 2016), entre otros.

De manera particular, la diversidad y la estructura son componentes y propiedades importantes que caracterizan a un ecosistema forestal, pues no solo se refieren a la riqueza de especies, sino a una variedad de complejas relaciones de funciones y procesos entre componentes bióticos y abióticos que determinan la heterogeneidad dentro del mismo (Gadow et al., 2012). Por lo tanto, la evaluación y monitoreo de los bosques de pino-encino mediante los índices de diversidad y estructura permiten conocer cómo está estructurada y compuesta la vegetación en diferentes condiciones (Monárrez-González et al., 2020; Ramírez-Santiago et al., 2019; Rendón-Pérez et al., 2021) y contar con elementos básicos para su caracterización y posterior conservación o manejo.

El manejo forestal requiere integrar componentes importantes como el sotobosque, mismo que contribuye a la dinámica de los ciclos biogeoquímicos e influye en el crecimiento y desarrollo de árboles, así como en la abundancia de fauna silvestre, microorganismos e insectos polinizadores (Landuyt et al., 2019); sin embargo, pocos

estudios en bosques de pino-encino integran a este componente; de acuerdo con Luna-Bautista et al. (2015); Rendón-Pérez et al. (2021); y Vázquez-Cortez et al. (2018), considerar al sotobosque en estudios de caracterización del bosque de pino-encino, permitirá comprender mejor la dinámica de crecimiento y desarrollo de la vegetación como respuesta a los distintos factores de perturbación natural o antropogénica. Por lo anterior, el presente estudio comprende también al sotobosque.

La estructura, composición y diversidad de la vegetación del bosque de pino-encino de la comunidad de Miguel Hidalgo se desconoce, por lo que este estudio se convierte en una pieza importante para valorar la condición actual de la vegetación y caracterizar adecuadamente al ecosistema a través de un gradiente altitudinal; servirá como herramienta de apoyo para implementar estrategias y tomar decisiones sobre la conservación, manejo y uso de los recursos forestales de la comunidad.

OBJETIVOS

Describir la estructura, composición y diversidad florística actual de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de un bosque sin manejo forestal de pino-encino, en un gradiente altitudinal entre 1900 m y 2850 m s.n.m., en la comunidad de Miguel Hidalgo, Mpio. de San Antonio Huitepec, del estado de Oaxaca, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la comunidad de Miguel Hidalgo, ubicada en el municipio de San Antonio Huitepec, distrito de Zaachila, Oaxaca (Fig. 1). La comunidad está ubicada dentro del sistema montañoso Sierras Centrales de Oaxaca. Se presenta una pendiente promedio de 40%; un gradiente altitudinal entre 1600 m y 2903 m s.n.m. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1964), se presentan dos climas: templado subhúmedo y cálido subhúmedo, que dan formación al bosque de pino-encino y bosque de encino (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 2010).

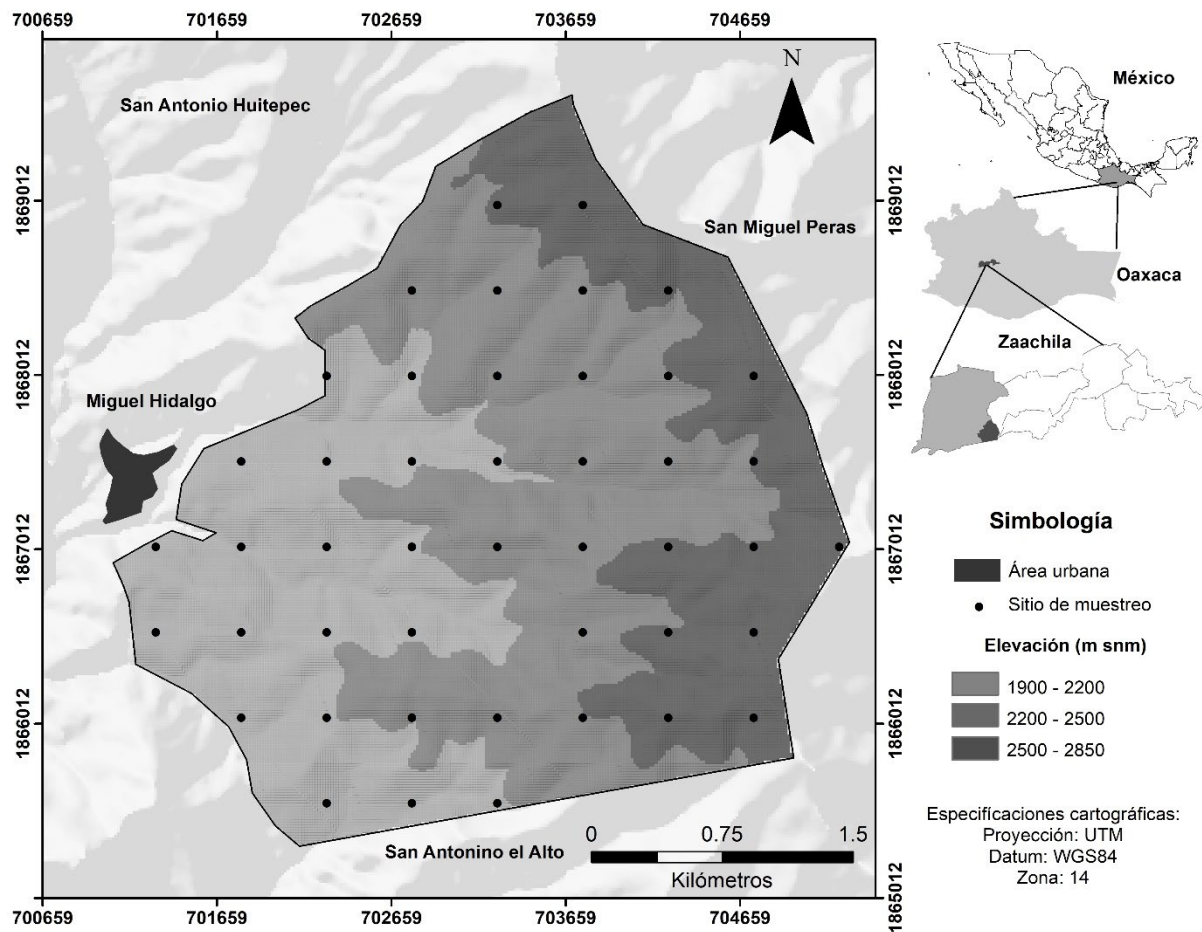


FIGURA 1. Ubicación del área de estudio, Miguel Hidalgo, San Antonio Huitepec, Oaxaca.

La comunidad de Miguel Hidalgo no cuenta ni ha contado con un programa de manejo forestal. En el intervalo altitudinal inferior se presentan afectaciones por plaga de descortezadores e incendios forestales, existe presencia de zonas de producción agrícola (maíz y frijol de temporal; cultivos frutícolas como la manzana, el aguacate y el durazno) y zonas de ganadería extensiva (vacuno, bovino y caprino). Además, la extracción de leña para consumo local es evidente por la cercanía a la zona urbana. En el intervalo altitudinal intermedio, la presencia de cultivos agrícolas y sistemas ganaderos son escasos, sin embargo, se presentan disturbios por incendios forestales de años anteriores. Y en el intervalo altitudinal superior las afectaciones por incendios, agricultura y ganadería son prácticamente nulas.

Diseño de muestreo y medición de variables

El área de estudio comprende una superficie de 1117 ha de bosque de pino-encino en un gradiente altitudinal de 1900 m a 2850 m s.n.m. La intensidad de muestreo fue de 0.2% y se determinaron tres intervalos altitudinales: inferior (1900 m a 2200 m s.n.m.), intermedio (2200 m a 2500 m s.n.m.) y superior (2500 m a 2850 m s.n.m.). De manera sistemática, se distribuyeron 19 sitios en el intervalo altitudinal inferior, 14 en el intervalo altitudinal intermedio y 12 en el intervalo altitudinal superior (Fig. 1), considerando para esto la metodología propuesta por Huerta-Martínez et al., (2014), Lee y Chun (2016) y Sánchez-González y López-Mata (2005).

Se establecieron sitios de muestreo en forma anidada, un sitio principal de 500 m² para evaluar a las especies arbóreas (Huerta-Martínez et al., 2014), un sitio secundario de 200 m² para arbustivas y cuatro subsitios de 1 m² ubicados de manera sistemática a 7 m del centro de cada sitio principal, dirigidas en las cuatro orientaciones (N, S, E, O), para evaluar a las especies herbáceas (Luna-Bautista et al., 2015). Se midieron diámetro y altura total de todos los árboles con diámetro a la altura de 1.30 m mayor o igual a 2.5 cm; además se tomaron dos medidas de la proyección de la copa con orientación norte-sur y este-oeste.

Para las especies arbustivas se registraron la altura total y el diámetro de proyección de la copa en las orientaciones norte-sur y este-oeste. Se consideraron como especies arbustivas todas aquellas que ramificaban desde la base y que presentaron consistencia leñosa. Para las especies herbáceas se registró la altura, la frecuencia y se midió el diámetro (menor y mayor) de la proyección de copa de las diferentes especies, con la finalidad de obtener su cobertura.

Se realizó colecta de ejemplares (acículas/hojas, flor y fruto) en los periodos de diciembre de 2020 a junio de 2021. La identificación de las especies se realizó con base en claves taxonómicas (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2005; García-Mendoza y Meave, 2011; Guízar, 2015; Rzedowski et al., 2016; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2008; Zavala, 2003). Adicionalmente, se realizó un cotejo de los ejemplares en el herbario CHAPA, del Colegio de Postgraduados, y la nomenclatura científica se obtuvo mediante la página web Tropicos, del Missouri Botanical Garden (2021).

Análisis de la información

Para conocer la distribución de diámetros y alturas en cada intervalo altitudinal, se generaron histogramas de frecuencia con categorías diamétricas de 5 cm y categorías de altura de 5 m. El índice de valor de importancia relativa (IVI) se calculó de acuerdo con Müeller-Dombois y Ellenberg (1974; ecuación 1) y permitió jerarquizar el peso ecológico

de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas en cada intervalo altitudinal.

$$IVI = \frac{DoR + DeR + FR}{3} \quad (1)$$

donde:

DoR = dominancia relativa (área basal y/o cobertura de copa)

DeR = densidad relativa

FR = frecuencia relativa

Para las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, en cada intervalo altitudinal y de acuerdo con Moreno (2001), se calcularon el índice de riqueza de Margalef (ecuación 2) y el índice de diversidad de Simpson (ecuación 3).

$$DMg = \frac{S-1}{\ln N} \quad (2)$$

$$D = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (3)$$

donde:

S = número de especies presentes

n = número de individuos de la especie *i*

N = número total de individuos de todas las especies presentes

Además, con la finalidad de conocer la semejanza florística entre los intervalos altitudinales para las tres formas de vida en conjunto, se utilizó el índice de Sorensen, este índice se calcula con la ecuación 4 (Moreno, 2001) y presenta valores que van de 0 a 100, significando la menor y mayor semejanza florística, respectivamente.

$$IS = \frac{2C}{A+B} \times 100 \quad (4)$$

donde:

A = número de especies encontradas en la comunidad A

B = número de especies encontradas en la comunidad B

C = número de especies encontradas en ambas comunidades



Para conocer el patrón de distribución y verificar posibles diferencias estadísticamente significativas en la riqueza, la diversidad y la estructura entre los tres intervalos altitudinales para las tres formas de vida, se realizaron análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis seguidos de la prueba *post hoc* de comparaciones múltiples de la suma de rango de Dunn ($P < 0.05$), dado que las muestras son desiguales en cada intervalo altitudinal (Dunn, 1964). Previamente, los datos de cada variable se sometieron a la prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) y a la prueba de homogeneidad de varianzas (Levene). Los análisis estadísticos, así como el cálculo de la diversidad y riqueza se ejecutaron en el programa SAS (SAS Institute, 2008) y PAST versión 4.03 (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS

Composición, diversidad y riqueza

Se evaluaron 3123 árboles, 1973 arbustos y 1643 hierbas, pertenecientes a 125 especies distribuidas en 84 géneros y 40 familias. Se registraron 27 especies arbóreas, 25 arbustivas y 73 herbáceas. Asteraceae y Fabaceae presentaron mayor número de especies y Ericaceae, Pinaceae y Fagaceae fueron las familias mejor representadas (Fig. 2).

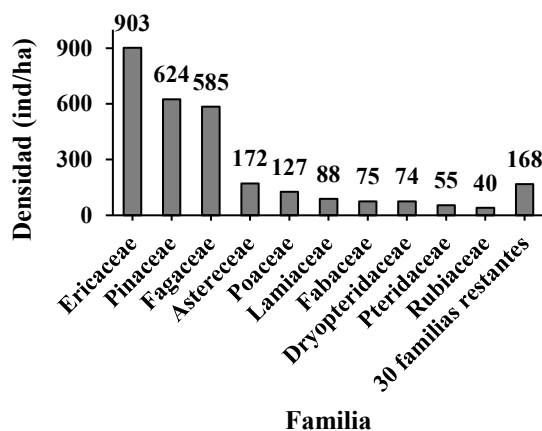
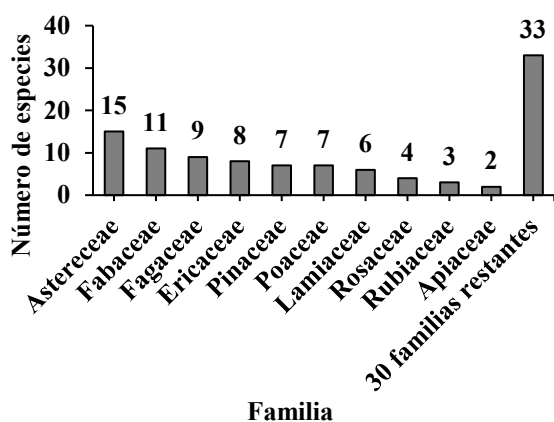


FIGURA 2. Número de especies y densidad de las familias más representativas en un gradiente altitudinal del bosque de pino-encino en Miguel Hidalgo, Oaxaca.

Se presentó mayor número de especies herbáceas respecto a las arbóreas y arbustivas; sin embargo, la abundancia total de especies fue mayor en el componente arbóreo (Tabla 1).

El índice de diversidad de Simpson presentó valores promedio de 0.59 para arbóreas, 0.23 para arbustivas y 0.63 para herbáceas. El índice de Margalef presentó valores promedio de 0.98, 0.43 y 1.76, respectivamente, para las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas.

Las comparaciones de medias de la suma de rango de Dunn no mostraron diferencias significativas en diversidad y riqueza para cada forma de vida entre intervalos altitudinales (Tabla 1). Sin embargo, el índice de Simpson de las especies arbustivas fue menor en los tres intervalos altitudinales respecto a las especies arbóreas y herbáceas. Además, los intervalos altitudinales inferior e intermedio presentaron el menor índice de Margalef para las especies arbustivas; y el intervalo altitudinal superior presentó la mayor riqueza de especies herbáceas.

La similitud de especies para arbóreas, arbustivas y herbáceas en conjunto entre el intervalo altitudinal intermedio y superior fue del 65%; el intervalo altitudinal inferior e intermedio presentó una similitud de 63%, y la menor similitud de especies lo presentó el intervalo altitudinal inferior y superior con 51%.

TABLA 1. Número de especies, abundancia total, índices de riqueza y diversidad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas por intervalo altitudinal del bosque de pino-encino en Miguel Hidalgo, Oaxaca.

Intervalo altitudinal	Forma de vida	Número de especies	Abundancia total	Índice de Simpson	Índice de Margalef
Inferior	Arbórea	21 ac	1303 a	0.64 a	1.10 a
	Arbustiva	14 b	800 b	0.27 b	0.55 bcd
	Herbácea	47 cde	665 c	0.62 a	1.63 ace
Intermedio	Arbórea	14 ad	1195 a	0.57 a	0.90 ab
	Arbustiva	13 b	907 b	0.16 b	0.29 d
	Herbácea	37 cde	390 c	0.62 a	1.71 ace
Superior	Arbórea	17 ae	625 a	0.55 a	0.93 ac
	Arbustiva	16 b	266 b	0.26 b	0.46 bcd
	Herbácea	42 c	588 c	0.66 a	1.94 e

*Medias seguida por letras iguales indican que no hay diferencias significativas (Suma de rango de Dunn, P < 0.05).

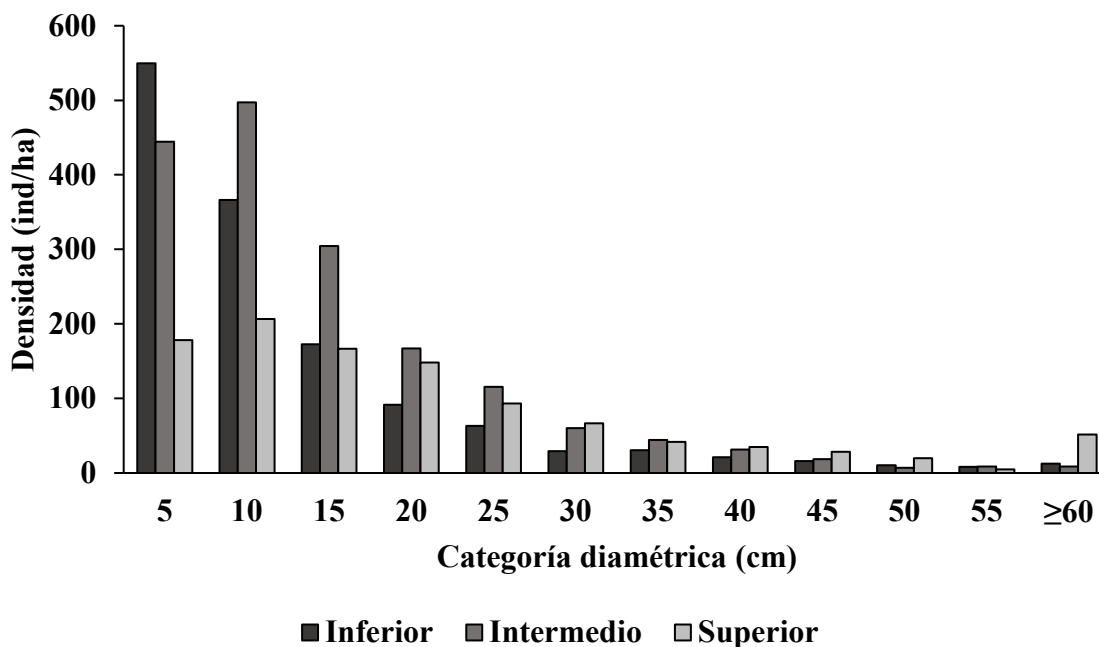


FIGURA 3. Distribución por categoría diamétrica de individuos ≥ 2.5 cm de diámetro normal, por intervalo altitudinal del bosque de pino-encino en Miguel Hidalgo, Oaxaca.

Distribución horizontal y vertical

Las distribuciones diamétricas en el intervalo altitudinal inferior e intermedio presentaron un patrón de J invertida y el intervalo altitudinal superior presentó un patrón unimodal, concentrando menor densidad de individuos en

categorías de menor diámetro respecto al intervalo altitudinal inferior e intermedio (Fig. 3). Asimismo, las distribuciones por categorías de altura concentran una mayor densidad de individuos en las categorías de altura de 5 m y 10 m en los tres intervalos altitudinales (Fig. 4).

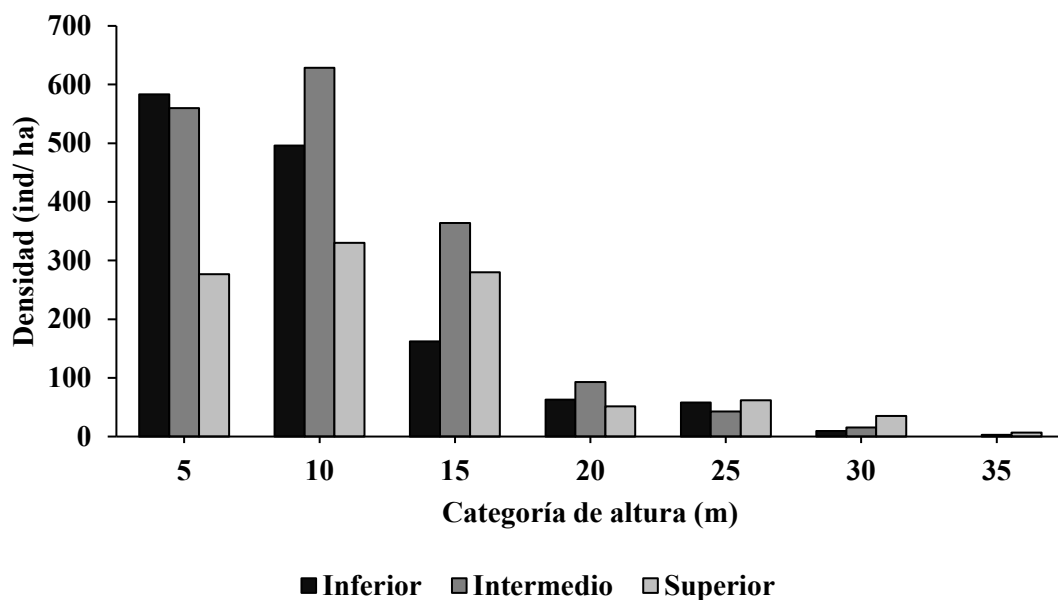


FIGURA 4. Distribución por categoría de alturas de individuos ≥ 2.5 cm de diámetro normal, por intervalo altitudinal del bosque de pino-encino en Miguel Hidalgo, Oaxaca.

El intervalo altitudinal superior presentó menor densidad de árboles respecto al intervalo altitudinal intermedio; asimismo, el intervalo altitudinal superior presentó mayores valores promedio de diámetro normal, altura y de cobertura de copa individual, valores que fueron diferentes ($P < 0.05$) a los intervalos altitudinales inferior e intermedio (Tabla 2). Así mismo, el intervalo altitudinal inferior presentó menor área basal respecto a los intervalos altitudinales intermedio y superior.

Por otro lado, las variables estructurales de las especies arbustivas y herbáceas indican que la altura y la cobertura de copa individual fueron mayor en el intervalo altitudinal superior, respecto al intervalo altitudinal inferior e intermedio (Tabla 2).

Índice de valor de importancia

Pinus oocarpa Schiede. presentó los valores más altos del IVI para los intervalos altitudinales inferior e intermedio y en el intervalo altitudinal superior *Pinus pseudostrobus* Lindl. presentó el valor más alto (Tabla 3). *Pinus* y *Quercus* representaron 44% y 38% respec-

tivamente, mismas que suman un total de 82% del IVI para el total del área de estudio.

Del componente arbustivo y herbáceo, *Gaultheria erecta* Vent. y *Pteridium aquilinum* var. *feei* (W. Schaffn. ex Fée) Maxon presentaron el valor más alto de IVI en el intervalo altitudinal inferior e intermedio, y *Salvia cinnabarina* M. Martens & Galeotti en el intervalo altitudinal superior (Tablas 4 y 5).

DISCUSIÓN

Composición, diversidad y riqueza

El número de especies arbóreas encontradas en el presente estudio está dentro del intervalo de 5 a 48 especies registradas en bosques de pino-encino sin manejo forestal (Méndez-Osorio et al., 2018; Ramírez-Santiago et al., 2019; Rendón-Pérez et al., 2021; Silva-García et al., 2021), y el número de especies arbustivas y herbáceas en conjunto es superior al intervalo de 12 a 68 especies encontradas para el mismo tipo de vegetación (Rendón-Pérez et al., 2021; Vázquez-Cortez et al., 2018; Zacarías-Eslava y del Castillo, 2010).

TABLA 2. Valores estructurales de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, por intervalo altitudinal del bosque de pino-encino en Miguel Hidalgo, Oaxaca.

Variables estructurales	Intervalo altitudinal		
	Inferior	Intermedio	Superior
Arbórea			
Densidad (ind/ha)	1372 ab	1707 a	1042 b
Diámetro (cm)	12.9 a	14.6 b	20.8 b
Área basal (m ² /ha)	31.4 a	42.7 b	55.5 b
Altura (m)	9.5 a	10.4 b	12.2 c
Cobertura de copa individual (m ²)	10.5 a	9.9 a	16.7 b
Arbustiva			
Densidad (ind/ha)	2105 a	3239 a	1108 a
Altura (m)	1.6 a	1.5 b	3.3 c
Cobertura de copa individual (m ²)	1.3 a	1.0 b	2.3 c
Herbácea			
Densidad (ind/ha)	8750 ab	6964 a	12 250 b
Altura (cm)	23 a	24.8 a	40.9 c
Cobertura individual (cm ²)	302 a	454.5 b	362.6 b

*Medias seguidas por letras iguales indican que no hay diferencias significativas (Suma de rango de *Dunn*, $P < 0.05$). Las diferencias significativas solo aplican por forma de vida.

Se presentó un índice de Simpson para especies arbóreas catalogado por Moreno (2001) como diversidad media, superior a lo obtenido por Medrano-Meraz et al. (2017) en Durango y Manzanilla-Quijada et al. (2020) en Nuevo León; pero inferior a lo registrado por Luna-Bautista et al. (2015) y Vázquez-Cortez et al. (2018) en Oaxaca. Se encontró una diversidad baja para especies arbustivas y media para herbáceas, estos valores son inferiores a los encontrados por Luna-Bautista et al. (2015) en la Sierra Norte de Oaxaca. Sin embargo, la diversidad del sotobosque fue superior a lo encontrado por Rendón-Pérez et al. (2021) en Hidalgo.

Se registraron índices de Margalef inferiores a dos para las tres formas de vida, lo que se considera por Moreno (2001) como riqueza baja. Algunos estudios en bosques sin manejo forestal que han considerado especies arbóreas (López-Hernández et al., 2017; Manzanilla-Quijada et al., 2020; Méndez-Orsorio et al., 2018; Vázquez-Cortez et al.,

2018), o las tres formas de vida (Rendón-Pérez et al., 2021), han encontrado una riqueza similar. Sin embargo, Silva-García et al. (2021), en Durango, hallaron una riqueza media para especies arbóreas.

En bosques templados de pino-encino es común encontrar baja diversidad y riqueza de especies (Ávila-Sánchez et al., 2018), esto puede ser explicado en parte por la alta frecuencia y dominancia de los géneros *Pinus* y *Quercus* (Méndez-Orsorio et al., 2018). Alfaro-Reyna et al. (2019); González-Tagle et al. (2008); y López-Hernández et al. (2017), los requerimientos de luz, la alteración natural y antropogénica -como los incendios forestales y las extracciones a pequeña escala, pero constantes- moldean la estructura y composición de especies de los bosques templados sin manejo, aumentando considerablemente la dominancia de estos dos géneros; lo anterior concuerda con lo observado en el presente estudio a través del gradiente altitudinal.



TABLA 3. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbóreas por intervalo altitudinal del bosque de pino-encino en Miguel Hidalgo, Oaxaca.

Intervalo altitudinal inferior		Intervalo altitudinal intermedio		Intervalo altitudinal superior	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Pinus oocarpa</i>	26.6	<i>Pinus oocarpa</i>	22.9	<i>Pinus pseudostrabus</i>	23.3
<i>Quercus scytophylla</i>	14.4	<i>Quercus scytophylla</i>	22.6	<i>Quercus rugosa</i>	14.3
<i>Pinus pseudostrabus</i>	12.5	<i>Arbutus xalapensis</i>	12.2	<i>Pinus leiophylla</i>	10.7
<i>Quercus elliptica</i>	8.8	<i>Pinus leiophylla</i>	11.2	<i>Arbutus xalapensis</i>	10.5
<i>Arbutus xalapensis</i>	6.4	<i>Quercus elliptica</i>	10	<i>Quercus obtusata</i>	9.1
<i>Quercus acutifolia</i>	6.2	<i>Pinus pseudostrabus</i> var. <i>apulcensis</i>	5.9	<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i>	7.2
<i>Bejaria aestuans</i>	4.4	<i>Quercus obtusata</i>	4.5	<i>Pinus pseudostrabus</i> var. <i>apulcensis</i>	6.9
<i>Quercus magnoliifolia</i>	4.2	<i>Quercus rugosa</i>	3.8	<i>Quercus crassifolia</i>	3.8
<i>Pinus leiophylla</i>	3.4	<i>Pinus pseudostrabus</i>	2.8	<i>Quercus elliptica</i>	3.2
<i>Pinus teocote</i>	2.6	<i>Quercus acutifolia</i>	1.2	<i>Quercus scytophylla</i>	2.8
<i>Quercus obtusata</i>	2.5	<i>Quercus salicifolia</i>	1.1	<i>Pinus oocarpa</i>	2.4
<i>Pinus pseudostrabus</i> var. <i>apulcensis</i>	1.8	<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i>	0.8	<i>Prunus serotina</i>	1.5
<i>Pinus devoniana</i>	1.3	<i>Buddleja cordata</i>	0.6	<i>Quercus acutifolia</i>	1.3
<i>Quercus glaucescens</i>	1	<i>Quercus glaucescens</i>	0.6	<i>Pinus patula</i>	0.9
<i>Juniperus poblana</i>	0.8	TOTAL	100	<i>Clethra mexicana</i>	0.7
<i>Diphysa americana</i>	0.8			<i>Buddleja cordata</i>	0.7
<i>Quercus salicifolia</i>	0.7			<i>Quercus salicifolia</i>	0.7
<i>Oreopanax xalapensis</i>	0.4			TOTAL	100
<i>Cornus disciflora</i>	0.4				
<i>Prunus serotina</i>	0.4				
<i>Vachellia pennatula</i>	0.4				
TOTAL	100				

TABLA 4. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbustivas por intervalo altitudinal del bosque de pino-encino en Miguel Hidalgo, Oaxaca.

Intervalo altitudinal inferior		Intervalo altitudinal intermedio		Intervalo altitudinal superior	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Gaultheria erecta</i>	51.1	<i>Gaultheria erecta</i>	58.6	<i>Gaultheria erecta</i>	46.4
<i>Lyonia squamulosa</i>	19.4	<i>Lyonia squamulosa</i>	29.9	<i>Baccharis heterophylla</i>	20.6
<i>Agarista mexicana</i>	11.5	<i>Baccharis heterophylla</i>	5.3	ARB3	16.5
ARB1	7.3	<i>Agarista mexicana</i>	4.0	<i>Comarostaphylis glaucescens</i>	5.3
<i>Baccharis heterophylla</i>	6.6	<i>Holodiscus argenteus</i>	0.6	<i>Lyonia squamulosa</i>	2.6
*Otras especies	4.1	*Otras especies	1.5	* Otras especies	8.6
TOTAL	100	TOTAL	100	TOTAL	100

TABLA 5. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies herbáceas por intervalo altitudinal del bosque de pino-encino en Miguel Hidalgo, Oaxaca.

Intervalo altitudinal inferior		Intervalo altitudinal intermedio		Intervalo altitudinal superior	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>feei</i>	14.6	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>feei</i>	20.8	<i>Salvia cinnabarina</i>	13.6
<i>Elaphoglossum latifolium</i>	14.4	<i>Adiantum andicola</i>	11.6	<i>Bromus dolichocarpus</i>	10.3
<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	12.8	<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	8.0	<i>Desmodium incanum</i>	9.8
<i>Chimaphila maculata</i>	7.1	<i>Elaphoglossum latifolium</i>	7.9	<i>Adiantum andicola</i>	7.4
<i>Melinis minutiflora</i>	6.8	<i>Bromus dolichocarpus</i>	5.1	<i>Alloispermum scabrum</i>	7.3
<i>Adiantum andicola</i>	3.4	<i>Salvia cinnabarina</i>	4.6	<i>Iresine diffusa</i>	6.3
<i>Cosmos crithmifolius</i>	3.4	<i>Chimaphila maculata</i>	4.4	<i>Piptothrix areolaris</i>	6.2
<i>Galium mexicanum</i> subsp. <i>Asperrimum</i>	2.9	<i>Stachys coccinea</i>	4.1	<i>Rumfordia floribunda</i>	5.8
<i>Bromus dolichocarpus</i>	2.8	<i>Eryngium monocephalum</i>	3.8	<i>Phenax hirtus</i>	5.0
<i>Desmodium incanum</i>	2.8	<i>Bidens pilosa</i>	3.5	<i>Crusea coccinea</i>	3.5
*Otras especies	29.0	*Otras especies	26.1	*Otras especies	24.8
TOTAL	100	TOTAL	100	TOTAL	100

Además, en el gradiente altitudinal del presente estudio, los índices de riqueza y diversidad no presentaron cambios significativos. Sin embargo, como lo demuestra el índice de Sorensen, se presentó un cambio de especies de 49% entre el intervalo altitudinal inferior y el superior. Así mismo, el número de especies y la abundancia total sí presentaron variación entre intervalos altitudinales entre formas de vida, posiblemente debido a cambios en las condiciones bióticas y abióticas a lo largo del gradiente altitudinal.

Se ha observado que el tipo de patrón de distribución de la diversidad y riqueza de especies puede cambiar por formas de vida, ser similares o no mostrar un patrón definido (Gong et al., 2019; Lee y Chun, 2016). Diferentes factores contribuirán en la distribución de la diversidad y riqueza de especies (Reich et al., 2010) y su interacción con los diferentes procesos que existen en los ecosistemas forestales (Lee y Chun, 2016; McCain y Grytnes, 2010). Sin embargo, un patrón de distribución claramente definido pudiese estar relacionado con los diferentes tipos de vegetación que se contemplan a lo largo de un gradiente

altitudinal (Ávila-Sánchez et al., 2018; Martín et al., 2021; Sánchez-González y López-Mata, 2005), similar a lo observado en el presente estudio.

Distribución horizontal y vertical

La disminución del número de individuos al incrementar el diámetro sugiere la existencia de masas irregulares en etapa de regeneración y crecimiento, como lo encontrado para bosques templados sin manejo por Manzanilla-Quijada et al. (2020) en Nuevo León, Ramírez-Santiago et al. (2019) en Oaxaca y Méndez-Osorio et al. (2018) en Guerrero. Así mismo, el comportamiento de la distribución en altura con respecto a la distribución diamétrica es muy similar, pues ambas variables están correlacionadas (Smith et al., 1997).

En bosques con alta densidad, como el que se presentó en el intervalo altitudinal intermedio, la eficiencia en el crecimiento estará limitada a la disponibilidad de espacio, agua, luz y nutrientes debido a una alta tasa de competencia (Binkley et al., 2013), generando mayor susceptibilidad del bosque al ataque de plagas, enfermedades o mayor riesgo



de ocurrencia de incendios forestales; dichas perturbaciones fueron observadas en los intervalos altitudinales inferior e intermedio. Estos factores aceleran en mayor grado la dinámica de regeneración de las diferentes especies en los bosques templados mixtos (Alfaro-Reyna et al., 2019; Cortés-Montaño et al., 2012).

Un mayor crecimiento en altura, diámetro y cobertura de copa individual en especies arbóreas y una mayor altura en especies arbustivas y herbáceas en el intervalo altitudinal superior sugieren rodales en mejor estado de conservación y, probablemente, una mayor productividad forestal. Está comprobado que una alta productividad del rodal influye en un mejor crecimiento de los árboles en altitudes superiores en algunas regiones montañosas (Guerrero-Hernández et al., 2019; Zacarías-Eslava y del Castillo, 2010), apoyado en gran medida por una menor perturbación agrícola y ganadera debido a la elevada pendiente y a la lejanía de la zona urbana (Bonilla-Moheno et al., 2012; Pérez-Hernández et al., 2021), eso mismo se observó en este estudio.

Índice de valor de importancia

Está documentado que el manejo forestal modifica la estructura y composición de especies del bosque de pino-encino, incrementando el peso ecológico de especies de alto valor comercial como el género *Pinus* (López-Hernández et al., 2017; Monárrez-González et al., 2020; Rendón-Pérez et al., 2021). En el área de estudio no existe actualmente un manejo forestal; sin embargo, se presenta un nivel de perturbación antropogénica de acuerdo con cada intervalo altitudinal. Se observa que el género *Pinus* mantiene una mezcla proporcional con el género *Quercus* en porcentajes similares a lo encontrado por Monárrez-González et al. (2020) en Durango y Rendón-Pérez et al. (2021) en Hidalgo. No obstante, Méndez-Osorio et al. (2018) en Guerrero y Silva-García et al. (2021) en Durango, encontraron valores superiores del género *Pinus* en bosques de pino-encino sin manejo forestal. La diferencia en los pesos ecológicos en los bosques sin manejo forestal a través de un gradiente altitudinal está

condicionada a factores climáticos, topográficos y a las alteraciones antropogénicas o naturales propias de cada región como lo documentan Bonilla-Moheno et al. (2012), Pérez-Hernández et al. (2021) y Salas y Williams (2019).

El comportamiento de la dominancia de las diferentes especies a través del gradiente altitudinal sugiere un cambio en las condiciones bióticas y abióticas pues en el intervalo altitudinal superior se presentaron especies como *Quercus crassifolia* Bonpl., *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. y *Pinus pseudostrabus*, estas especies podrían considerarse indicadoras de mayor humedad; y en el intervalo altitudinal inferior se encontraron especies como *Pinus devoniana* Lindl., *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham. y *Pinus oocarpa*, mismas que se distribuyen en condiciones de menor humedad (Martin et al., 2021; Ríos-Altamirano et al., 2016).

En especies del sotobosque de bosques templados, la dinámica de distribución, crecimiento y desarrollo pareciera ser más compleja, pues se ha encontrado que están sujetos en gran medida a la composición y estructura del rodal, a las características físicas y químicas del suelo, a los microclimas, a la microtopografía, a la capa de hojarasca y a la disponibilidad de luz (Barbier et al., 2008; Sercu et al., 2017; Tinya y Ódor, 2016). Además, como se observó en el presente estudio, los diferentes niveles de perturbación antropogénica en cada gradiente altitudinal también son un factor que modifica el peso ecológico de las especies.

CONCLUSIONES

El bosque de pino-encino sin manejo forestal presentó una estructura característica de un bosque irregular; con altas densidades en los intervalos altitudinales intermedio e inferior, influenciado probablemente por una elevada tasa de perturbación debido a los incendios forestales y la plaga de descortezadores presentes en la zona. Así mismo, en el intervalo altitudinal superior se presentaron rodales en mejor estado de conservación, característico de un bosque maduro y probablemente con una mayor productividad forestal que en altitudes inferiores.

No se presentaron cambios significativos en diversidad y riqueza de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas a

través del gradiente altitudinal, sin embargo, se presentó un cambio en el número de especies y su abundancia total entre formas de vida; por lo que, tal vez integrando variables climáticas se podría complementar la comprensión de la dinámica de distribución y crecimiento a través de este gradiente altitudinal del bosque de pino-encino.

El IVI presentó una similitud con otros bosques templados sin manejo forestal; sin embargo, a través del gradiente altitudinal se presentó un cambio en los pesos ecológicos de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, misma que está condicionada a los factores climáticos, topográficos y a las alteraciones antropogénicas o naturales propias de cada región.

RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de Maestría. Al Sr. Gaudencio Velasco García por todo el apoyo en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

- Alfaro-Reyna, T., Martínez-Vilalta, J., & Retana, J. (2019). Regeneration patterns in Mexican pine-oak forests. *Forest Ecosystems*, 6(50), 2-12. <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0209-8>
- Ávila-Sánchez, P., Sánchez-González, A., Catalán-Heverástico, C., Almazán-Núñez, R. C., & Jiménez-Hernández, J. (2018). Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México. *Polibotánica*, 45, 101-113. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.8>
- Barbier, S., Gosselin, F., & Balandier, P. (2008). Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 254(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.038>
- Binkley, D., Camargo-Campoe, O., Gspaltl, M., & Forrester, D. I. (2013). Light absorption and use efficiency in forests: Why patterns differ for trees and stands. *Forest Ecology and Management*, 288(1), 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.002>
- Bonilla-Moheno, M., Aide, T. M., & Clark, M. L. (2012). The influence of socioeconomic, environmental, and demographic factors on municipality-scale land-cover change in Mexico. *Regional Environmental Change*, 12, 543-557. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0268-z>
- Calderón de Rzedowski, G., & Rzedowski, J. (2005). *Flora Fanerogámica del Valle de México* (2ª ed.). Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Cortés-Montaña, C., Fulé, P. Z., Falk, D. A., Villanueva-Díaz, J., & Yocom, L. L. (2012). Linking old-growth forest composition, structure, fire history, climate and land-use in the mountains of northern México. *Ecosphere*, 3(11), 1-16. <https://doi.org/10.1890/ES12-00161.1>
- Dunn, O. J. (1964). Multiple Comparisons Using Rank Sums. *Technometrics*, 6(3), 241-252.
- Gadow, K. V., Zhang, C. Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., Myklush, S., Ying-Hui, G., Kiviste, A., & Hai-Zhao, X. (2012). Forest structure and diversity. En T. Pukkala & K. V. Gadow (Eds.), *Continuous Cover Forestry. Managing Forest Ecosystems* (pp. 29-83). Springer Science.
- García, E. (1964). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM.
- García-Mendoza, A. J., & Meave, J. A. (2011). *Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas (colección y lista de especies)* (2ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable.
- Gong, H., Yu, T., Zhang, X., Zhang, P., Han, J., & Gao, J. (2019). Effects of boundary constraints and climatic factors on plant diversity along an altitudinal gradient. *Global Ecology and Conservation*, 19, e00671. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00671>
- González-Tagle, M. A., Schwendenmann, S., 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(1-2), 161-167. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.021>
- Guerrero-Hernández, R., Muñoz-Castro, M. A., Vázquez-García, J. A., & Ruiz-Corral, J. A. (2019). Estructura del bosque mesófilo de montaña y su reemplazo por bosque de *Abies* en dos gradientes altitudinales del occidente de México. *Botanical Sciences*, 97(3), 301-322. <https://doi.org/10.17129/botsci.2206>
- Guízar, N. E. (2015). *Manual de Claves de Identificación de Botánica Forestal* (1ª ed.). Universidad Autónoma Chapingo.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9.
- Huerta-Martínez, F. M., Briones-Tirado, J. E., Neri-Luna, C., Muñoz-Urías, A., & Rosas-Espinoza, V. C. (2014). Relaciones entre comunidades arbóreas, suelo y el gradiente altitudinal en el volcán



- de Tequila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(24), 202-215. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i24.329>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (2010). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Antonio Huitepec*. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20108.pdf.
- Landuyt, D., De Lombaerde, E., Perring, M. P., Hertzog, L. R., Ampoorter, E., Maes, S. L., De Frenne, P., Ma, S., Proesmans, W., Blondeel, H., Sercu, B. K., Wang, B., Wasof, S., & Verheyen, K. (2019). The functional role of temperate forest understorey vegetation in a changing world. *Global Change Biology*, 25(11), 3625-3641. <https://doi.org/10.1111/gcb.14756>
- Lee, C. B., & Chun, J. H. (2016). Environmental drivers of patterns of plant diversity along a wide environmental gradient in Korean temperate forests. *Forests*, 7(1), 1-19. <https://doi.org/10.3390/f7010019>
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monárrez-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. <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). El sotobosque en la composición y diversidad de áreas bajo manejo forestal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(1), 109-121. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.08.037>
- Manzanilla-Quijada, G. E., Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Yerena-Yamalle, J. I. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del Sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61), 94-123. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703>
- Martin, M. P., Peters, C. M., Asbjornsen, H., & Ashton, M. S. (2021). Diversity and niche differentiation of a mixed pine-oak forest in the Sierra Norte, Oaxaca, Mexico. *Ecosphere*, 12(4), e03475. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3475>
- McCain, M. C., & Grytnes, J. A. (2010). Elevational gradients in species richness. *Encyclopedia of Life Sciences*, 1-10. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0022548>
- Medrano-Meraz, M. de 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. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.36>
- Méndez-Osorio, C., Mora-Donjuán, C. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., & Pequeño-Ledezma, M. Á. (2018). Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 35-53. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.236>
- Missouri Botanical Garden (2021). *Tropicos*. <http://www.tropicos.org>
- Monárrez-González, J. C., González-Elizondo, M. S., Márquez-Linares, M. A., Gutiérrez-Yurrita, P. J., & Pérez-Verdín, G. (2020). Effect of forest management on tree diversity in temperate ecosystem forests in northern Mexico. *PLoS ONE*, 15(5), e0233292. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233292>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Manual y tesis SEA. Cooperación Iberoamericana, Unesco y SEA (Vol. 1). Pachuca, Hidalgo, México.
- Müeller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons.
- Pérez-Hernández, M. J., Hernández-Acosta, E., Sánchez-Jiménez, R., González-Gervacio, C., & Madrigal-Reyes, S. (2021). Dinámica de cambios de uso de suelo y vegetación por actividades antropogénicas en Zaachila, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(66), 26-45. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.894>
- Ramírez-Santiago, R., Ángeles-Pérez, G., Hernández-de la Rosa, P., Cetina-Alcalá, V. M., Plascencia-Escalante, O., & Clark-Tapia, R. (2019). Efectos del aprovechamiento forestal en la estructura, diversidad y dinámica de rodales mixtos en la Sierra Juárez de Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 25(3), e2531818. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531818>
- Reich, R. M., Bonham, C. D., Aguirre-Bravo, C., & Chazaro-Basañeza, M. (2010). Patterns of tree species richness in Jalisco, Mexico: relation to topography, climate and forest structure. *Plant Ecology*, 210(1), 67-84. <https://doi.org/10.1007/s11258-010-9738-5>
- 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. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712127>
- Ríos-Altamirano, A., Alfonso-Corradó, C., Aguirre-Hidalgo, V., Ángeles-Pérez, G., Mendoza-Díaz, M. M., Rodríguez-Rivera, V., Roldán-Félix, E., & Clark-Tapia, R. (2016). Abundancia y distribución del género *Pinus* en Capulálpam de Méndez, Sierra Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 22(3), 61-74. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2231457>

- Rzedowski, J., & Calderón-de Rzedowski, G. (2008). Compositae, Tribu Heliantheae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*, 157, 1-166.
- Rzedowski, J., Calderón-de Rzedowski, G., Torres-Colín, L., & Grether, R. (2016). Leguminosae. subfamilia Papilionoideae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*, 192, 1-330.
- Salas, S. H., & Williams, G. (2019). Patterns of vegetation along contrasting elevation gradients in Oaxaca and Veracruz, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, e903059. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.3059>
- Sánchez-González, A., & López-Mata, L. (2005). Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distribution*, 11(6), 567- 575. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00186.x>
- SAS Institute (2008). *Statistical Analysis System 9.2*. SAS Institute Inc., Cary. N. C., USA.
- Sercu, B. K., Baeten, L., van Coillie, F., Martel, A., Lens, L., Verheyen, K., & Bonte, D. (2017). How tree species identity and diversity affect light transmittance to the understory in mature temperate forests. *Ecology and Evolution*, 7(24), 10861-10870. <https://doi.org/10.1002/ece3.3528>
- Silva-García, J. E., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jurado-Ybarra, E., Jiménez-Pérez, J., & Vargas-Larreta, B. (2021). Estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México. *Polibotánica*, 52, 89-102. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.52.7>
- Smith, D. M., Larson, B. C., Kelty, M. J., & Asthon, P. M. S. (1997). *The practice of silviculture: applied forest ecology* (9a ed.). Wiley and Sons.
- Tinya, F., & Ódor, P. (2016). Congruence of the spatial pattern of light and understory vegetation in an old-growth, temperate mixed forest. *Forest Ecology and Management*, 381, 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.027>
- Vázquez-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), e2431649. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431649>
- Zacarias-Eslava, Y., & del Castillo, R. F. (2010). Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: rangos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87, 13-28.
- Zavala, C. F. (2003). *Identificación de Encinos de México* (2ª ed.). Universidad Autónoma Chapingo.

Manuscrito recibido el 17 de febrero de 2022

Aceptado el 20 de enero de 2023

Publicado el 26 de abril de 2023

Este documento se debe citar como:

Velasco Luis, M. U., Velázquez Martínez, A., Hernández de la Rosa, P., Fierros González, A. M., & Gil Vera Castillo, J. A. (2023). Caracterización de un bosque templado en un gradiente altitudinal en Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 29(1), e2912465. <https://doi.org/10.21829/myb.2023.2912465>



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