

# Caracterización estructural y diversidad florística de un bosque de Pinus – Quercus en la Sierra Madre del Sur, México

## Structural characterization and floristic diversity of a Pinus - Quercus forest in the Sierra Madre del Sur, Mexico

Carlos Alberto Mora-Donjuán <sup>1</sup>  • José Manuel Mata-Balderas <sup>2,3,4</sup>  • Eduardo Alanís-Rodríguez <sup>2</sup>   
• Samuel Alberto García-García <sup>5</sup>  • Arturo Mora-Olivo <sup>6</sup> 

Recibido: 7/03/2024

Aceptado: 16/07/2024

### Abstract

Pinus-Quercus forests are important plant communities that provide environmental services. The objective of this study was to characterize the structure and to describe the floristic diversity of a Pinus-Quercus forest in the Sierra Madre del Sur. Abundance, dominance, frequency and importance value index (IVI) were determined for each species. Species richness was evaluated using the Margalef index, while species diversity was calculated using the Shannon index and true diversity of order 1 (1D). A and diametric classification was also completed. A total of 237 individuals per hectare was observed, belonging to 8 species that were included in three genera and three families. Fagaceae was the most represented family with five species. The specific richness was 1.28, the Shannon index was 1.43 and the true diversity index of order 1 was 4.18. Quercus and Pinus were the most abundant genera with 44.6 % and 52.8 % respectively, accounting together for 97.4 % of the relative abundance. *Pinus oocarpa* was the species with the highest importance value index, reaching 39.27 %. According to the diametric classification, most individuals were grouped in the lower classes (10-20 cm) indicating an active regeneration state of the plant community.

**Key words:** *Pinus oocarpa*, importance value, temperate forest, Fagaceae.

1. Instituto para el Manejo y Conservación de la Biodiversidad A.C. [biologomora@gmail.com](mailto:biologomora@gmail.com)
2. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad de Linares, Nuevo León, México. [eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx), [manuelmata792@gmail.com](mailto:manuelmata792@gmail.com)
3. Gestión Estratégica y Manejo Ambiental S.C. Apodaca, N.L., México.
4. Biólogos y Silvicultores Forestales por el Ambiente A.C. Apodaca, N.L., México.
5. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Chihuahua, México. [alberto\\_Garcia23@outlook.com](mailto:alberto_Garcia23@outlook.com)
6. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias-Instituto de Ecología Aplicada, Tamaulipas, México. [amorao@docentes.uat.edu.mx](mailto:amorao@docentes.uat.edu.mx)

## Resumen

Los bosques de Pinus-Quercus son comunidades vegetales importantes por proporcionar bienes y servicios ambientales. El objetivo fue caracterizar la estructura y describir la diversidad florística de un bosque de Pinus-Quercus en la Sierra Madre del Sur. Para cada especie se determinó la abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia (IVI). La riqueza de especies se evaluó mediante el índice de Margalef, mientras que la diversidad de especies se calculó con los índices de Shannon y diversidad verdadera de orden 1 (1D), además se realizó una clasificación diamétrica. En total, se registraron 237 individuos por hectárea, pertenecientes a 8 especies distribuidas en tres géneros y tres familias. La familia con mayor representación fue Fagaceae, con cinco especies. La riqueza específica fue de 1,28, el índice de Shannon de 1,43 y el índice de diversidad verdadera de orden 1 fue de 4,18. Los géneros más abundantes fueron Quercus y Pinus, con un 44,6% y 52,8% respectivamente, representando conjuntamente el 97,4% de la abundancia relativa. *Pinus oocarpa* fue la especie con el valor más alto de índice de valor de importancia, alcanzando el 39,27%. De acuerdo con el gráfico de clases diamétricas, la mayoría de los individuos se agrupó en las clases inferiores (10-20 cm), lo que indica un estado de regeneración activo de la comunidad vegetal.

**Palabras clave:** *Pinus oocarpa*, valor de importancia, bosque templado, Fagaceae.

## Introducción

Los bosques desempeñan un papel crucial al proporcionar bienes y servicios ambientales, como la regulación del ciclo hidrológico y climático, la conservación de la biodiversidad y la captura de carbono [1]. Específicamente, los bosques de Pinus y Quercus se distribuyen desde el suroeste de Estados Unidos hasta Nicaragua, ocupando las zonas serranas [2]. Según Flores et al. [3], los bosques de coníferas abarcan aproximadamente el 15% del territorio de México, siendo más del 90% de esta área dominada por especies de Pinus o combinaciones de Pinus y Quercus. Los bosques mixtos de Pinus-Quercus, con predominio de uno u otro género, cubren más de 16 millones de hectáreas, ubicándose en zonas de transición entre bosques de Quercus a menor altitud y bosques de Pinus a mayor altitud [4].

La evaluación de la estructura de los bosques templados es crucial para determinar su condición actual, sirviendo como línea base para la toma de decisiones en conservación y manejo sostenible [5]. Entre los elementos fundamentales de esta estructura se incluye el análisis de las especies en una población, utilizando

variables como abundancia, dominancia y frecuencia, [6], [7], así como el análisis dimensional a través de gráficos de clases diamétricas [8]. Por otro lado, Magurran [9] destaca que las medidas de riqueza poseen un atractivo intuitivo y evitan obstáculos asociados al uso de índices y modelos ecológicos. En consecuencia, estas medidas ofrecen una expresión comprensible e inmediata de la diversidad, siendo frecuentemente utilizadas en estudios de vegetación [10], [7].

En México, existen diversas investigaciones sobre la evaluación y caracterización de ecosistemas de Pinus-Quercus, pero la mayoría se han realizado en el norte y centro del país [7]. En la Sierra Madre del Sur, específicamente en la parte del Estado de Guerrero, se han llevado a cabo escasos estudios que evalúen o describan este tipo de bosques, según lo registrado por [11], [12] y [10]. Los pocos estudios existentes en la Sierra Madre del Sur destacan la necesidad de desarrollar investigaciones dirigidas a la descripción, caracterización y evaluación de estos ecosistemas. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue caracterizar la estructura y describir la diversidad florística de un bosque de Pinus-Quercus en la Sierra Madre del Sur.

## Métodos

### Área de estudio

La investigación se realizó en un bosque de Pinus – Quercus ubicado en el ejido de Atoyaquillo, Municipio Coyuca de Benítez, en la Sierra Madre del Sur en el Estado Guerrero, México. Se ubica en las coordenadas 17° 06' 18" Latitud Norte y 100° 02' 30" Longitud Oeste. La altitud de los sitios de estudio oscila entre 1100 y 1300 msnm. La precipitación media anual varía entre 900 y 1200 mm. La comunidad vegetal es bosque de Pinus-Quercus, con historial de aprovechamiento maderable en la década de 1970.

### Análisis de la vegetación

Se establecieron cuatro sitios de muestreo distribuidos aleatoriamente en una superficie de 380 ha. Los sitios de muestreo tuvieron dimensiones de 10000 m<sup>2</sup> (1 hectárea) cada uno. La intensidad de muestreo fue del 1% [5]. En los sitios de muestro se realizó un censo de todas las especies arbóreas (DAP ≥ 7,5 cm). A cada individuo se le midió la altura total (h) con un hipsómetro Suunto PM-5, el diámetro a la altura del pecho (d1,30) con una forcípula Haglöf Mantax Blue 1270 mm y diámetro de copa (en sentido norte – sur; este – oeste) con una cinta métrica 100 M fibra de vidrio cruceta Truper. Para verificar la nomenclatura de las especies se utilizó la plataforma Tropicos® [13].

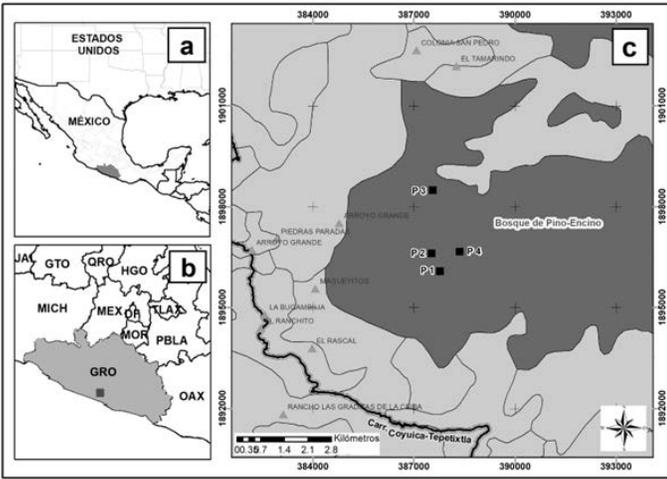


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Figure 1. Study site location.

**Análisis de la información**

Por especie se estimaron los valores absolutos y relativos de la abundancia, que es el número de árboles, la dominancia en función de su área basal y la frecuencia de acuerdo con la existencia en los sitios de muestreo. Con los valores relativos de las tres variables se estimó un valor ponderado a nivel de taxón llamado Índice de Valor de Importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 al 100 [5] (eq 1).

$$AR_i = \left( \frac{A_i}{\sum_{i=1..n} A_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

donde:  $A_i$  = abundancia absoluta. La dominancia relativa ( $DR_i$ ) se evaluó mediante la ecuación 2.

$$DR_i = \left( \frac{D_i}{\sum_{i=1..n} D_i} \right) \times 100 \quad (2)$$

donde  $D_i$  = dominancia absoluta. La frecuencia relativa ( $FR_i$ ) se obtuvo con la ecuación 3.

$$FR_i = \left( \frac{F_i}{\sum_{i=1..n} F_i} \right) \times 100 \quad (3)$$

donde  $F_i$  = frecuencia absoluta =  $P_i/NS$ ,  $P_i$  = número de sitios en los que está presente la especie  $i$ , y  $NS$  = número total de sitios de muestreo. El IVI se define como:

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^n (AR_i DR_i FR_i)}{3} \quad (4)$$

donde:  $AR_i$  = abundancia relativa de la especie  $i$  respecto a la abundancia total,  $DR_i$  = dominancia relativa de la especie  $i$  respecto a la dominancia total, y  $FR_i$  = frecuencia relativa de la especie  $i$  respecto a la frecuencia total. Para evaluar la diversidad de la comunidad vegetal se estimó el índice de Margalef ( $DMg$ ), el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y el índice de diversidad verdadera. Las fórmulas se describen a continuación:

$$DMg = \frac{(S-1)}{\ln(N)} \quad (5)$$

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i) \quad (6)$$

$$P_i = n_i/N \quad (7)$$

donde:  $S$  = número de especies presentes,  $N$  = número total de individuos,  $n_i$  = número de individuos de la

**Cuadro 1.** Nombre científico, nombre común, familia y forma de crecimiento de las especies presentes en el área de estudio (ordenadas alfabéticamente). DN es diámetro normal (d1,30m). Valores promedio  $\pm$  desviación estándar.

**Table 1.** Scientific name, common name, family and growth form of the species present in the study area (arranged alphabetically). DN is normal diameter (d1.30m). Average values  $\pm$  standard deviation.

Especie	Nombre común	Familia	DN (cm)	Altura (m)
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Nanche silvestre	Malpigiaceae	15,81 $\pm$ 6,34	7,20 $\pm$ 2,45
<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	Pino rojo	Pinaceae	64,22 $\pm$ 15,91	19,4 $\pm$ 3,82
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	Ocote	Pinaceae	33,84 $\pm$ 15,79	14,5 $\pm$ 4,37
<i>Quercus acutifolia</i> Née	Encino blanco	Fagaceae	13,76 $\pm$ 3,758	8,22 $\pm$ 1,07
<i>Quercus conspersa</i> Benth.	Encino rojo	Fagaceae	13,76 $\pm$ 3,758	8,22 $\pm$ 1,07
<i>Quercus crassifolia</i> Benth.	Barrillo	Fagaceae	22,18 $\pm$ 12,05	9,74 $\pm$ 2,7
<i>Quercus elliptica</i> Née	Encino amarillo	Fagaceae	25,62 $\pm$ 14,33	9,52 $\pm$ 2,99
<i>Quercus rugosa</i> Née	Encino prieto	Fagaceae	22,61 $\pm$ 13,29	9,12 $\pm$ 2,86

**Cuadro 2.** Abundancia, área basal, área de copa, frecuencia e índice de valor de importancia (IVI) de las especies registradas en la investigación (ordenadas decrecientemente de acuerdo con su índice de valor de importancia).

**Table 2.** Abundance, basal area, crown area, frequency and importance value index (IVI) of the species recorded in the research (ordered in descending order according to their importance value index).

Especie	Abundancia		Área basal		Área de copa		Frecuencia		IVI (%)
	Absoluta (N/ha)	Relativa (%)	Absoluta (m <sup>2</sup> /ha)	Relativa (%)	Absoluta (m <sup>2</sup> /ha)	Relativa (%)	Absoluta No. sitios	Relativa (%)	
<i>Pinus oocarpa</i>	117	49,37	12,79	59,66	6286,25	53,63	4	16	41,68
<i>Quercus crassifolia</i>	53	22,47	2,69	12,57	1918,79	16,37	4	16	17,01
<i>Quercus elliptica</i>	33	13,71	2,19	10,22	1491,49	12,72	4	16	13,31
<i>Pinus maximinoi</i>	8	3,38	2,74	12,79	1170,59	9,99	3	12	9,39
<i>Quercus rugosa</i>	15	6,33	0,81	3,76	659,74	5,63	4	16	8,70
<i>Byrsonima crassifolia</i>	6	2,64	0,14	0,66	123,35	1,05	4	16	6,43
<i>Quercus acutifolia</i>	4	1,58	0,06	0,28	59,43	0,51	1	4	1,95
<i>Quercus conspersa</i>	1	0,42	0,01	0,06	12,98	0,11	1	4	1,49
Suma	237	100	21.43	100	11723	100	25	100	100

especie *i*. Además, se estimó la diversidad verdadera de orden 1 (1D) mediante el exponencial de Shannon [5]:

$$1D = \exp(H') = \exp\left[\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)\right] \quad (8)$$

Para analizar la estructura vertical y horizontal de la comunidad vegetal y de la especie con mayor abundancia e índice de valor de importancia se generaron gráficos de clases diamétricas y de altura [5].

## Resultados

### Composición florística

Se registraron ocho especies, distribuidas en tres géneros y tres familias (Cuadro 1). La familia que registró más especies fue la Fagaceae con cinco especies (*Quercus acutifolia* (Née), *Quercus conspersa* (Benth), *Quercus crassifolia* (Benth.), *Quercus elliptica* (Née) y *Quercus rugosa* (Née)), seguida de la familia Pinaceae con dos taxones (*Pinus oocarpa* (Shiede ex Schldl) y *Pinus maximinoi* (H.E Moore). Las especies que presentaron los mayores valores de diámetro normal (d1,30m) y altura total fueron *Pinus maximinoi*, seguido de *P. oocarpa*.

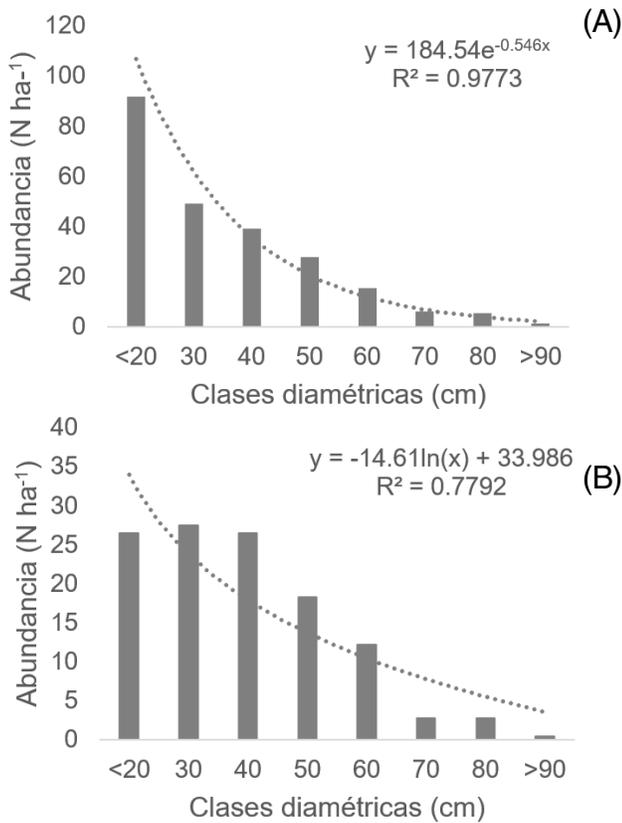
### Indicadores ecológicos

El estudio registró una densidad de 237 individuos por hectárea; de los cuales 125 estuvieron representados por el género *Pinus* y 106 por *Quercus*; entre los dos géneros agruparon el 97,4% de las especies registradas en el estudio; mientras que el resto fue de *Byrsonima crassifolia*. Referente al número de individuos por hectárea, *P.*

*oocarpa* fue la especie que mayor representación registró con 117 N ha<sup>-1</sup>, lo que representa el 49,3%; en segundo lugar *Q. crassifolia* con 53 N ha<sup>-1</sup> (22,5%); *Q. elliptica* resultó ser la tercera especie en cuanto a número de individuos con 33 N ha<sup>-1</sup> (13,7%) (Cuadro 2). El área basal de fue de 21,43 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>; *P. oocarpa* resultó ser la especie con mayor superficie basal ocupada de todas las especies registradas con 12,79 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, seguida de *Q. crassifolia* con 2,69 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y en tercer lugar *Q. elliptica* con 2,19 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3). El área de copa registrada fue de 12,159 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, lo que indica una cobertura superior al 100 % y por ende una sobreposición de copas. La dominancia estuvo representada por tres especies; las cuales juntas registraron poco más del 80% del total. *P. oocarpa* registró la cobertura más dominante con 6378 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> lo que representó el 52,45%; es decir poco más de la mitad de la cobertura total registrada. *Q. crassifolia* presentó el segundo valor más alto con 1921 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (15,8%); el tercer valor más alto lo registró *Q. elliptica* con 1493 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (12,28%) (Cuadro 2).

Las especies que se presentaron en los cuatro sitios de muestreo fueron *B. crassifolia*, *P. oocarpa*, *Q. crassifolia*, *Q. elliptica* y *Q. rugosa*, cada una registró el 16% de frecuencia relativa (Cuadro 2). Referente al Índice de Valor de Importancia, las especies que registran los valores más altos son *P. oocarpa* con el 41,68%, *Q. crassifolia* con el 17,01% y *Q. elliptica* con 13,31%, sumando las tres especies el 72,00% (Cuadro 2).

En la Figura 2 se aprecia la densidad de individuos por hectárea de acuerdo con las clases diamétricas de toda la comunidad y de *Pinus oocarpa*, especie de mayor abundancia e índice de valor de importancia. En ambos gráficos se aprecia una línea de tendencia que presenta

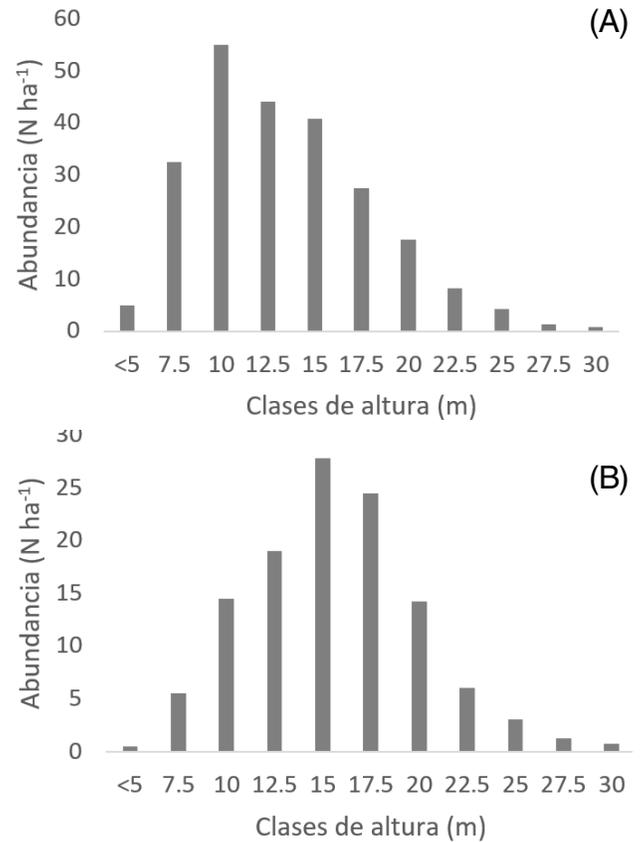


**Figura 2.** Distribución de individuos (N ha<sup>-1</sup>=número de individuos por hectárea) por clase diamétrica de toda la comunidad vegetal (A) y de *Pinus oocarpa*, especie de mayor abundancia e índice de valor de importancia (B).

**Figure 2.** Distribution of individuals (N ha<sup>-1</sup>=number of individuals per hectare) by diameter class of the entire plant community (A) and of *Pinus oocarpa*, the species with the highest abundance and importance value index (B).

una forma de J invertida, registrándose una alta cantidad de individuos en las categorías diamétricas menores que disminuyen en los diámetros mayores. En el gráfico de toda la comunidad la clase < 20 cm de diámetro fue la que presentó mayor número de individuos (92 ind/ha). En el gráfico de *Pinus oocarpa* las primeras tres clases diamétricas son las que presentan un mayor número de individuos. El alto número de individuos en las clases diamétricas menores indica que la comunidad vegetal se encuentra en un estado de regeneración activo.

En la Figura 3 se aprecia los gráficos de clases de altura para toda la comunidad vegetal y de *Pinus oocarpa*, especie de mayor abundancia e índice de valor de importancia. En ambos gráficos se aprecia una distribución normal, en el caso del gráfico de toda la comunidad sesgada a la izquierda y en el caso de *P. oocarpa* centrada.



**Figura 3.** Distribución de individuos (N ha<sup>-1</sup>=número de individuos por hectárea) por clase altura de toda la comunidad vegetal (A) y de *Pinus oocarpa*, especie de mayor abundancia e índice de valor de importancia (B).

**Figure 3.** Distribution of individuals (N ha<sup>-1</sup>=number of individuals per hectare) by height class of the entire plant community (A) and of *Pinus oocarpa*, the species with the highest abundance and importance value index (B).

El índice de Margalef (DMg) obtuvo un valor de 1,28. El índice de Shannon-Wiener presentó un valor de 1,43 y el índice de diversidad verdadera de orden 1 fue de 4,18.

## Discusión

### Composición florística

Los bosques de Pinus-Quercus resultan ser ecosistemas relativamente homogéneos, se caracterizan principalmente por el dominio de las familias Pinaceae y Fagaceae en proporciones similares, donde cohabitan con otras especies [2], [14].

La composición florística identificada en este estudio guarda similitudes con la reportada en bosques de la región, como indican [15] quienes señalaron a las familias

Fagaceae y Pinaceae como las más representativas. La coincidencia en el número de especies también es evidente, con seis *Quercus* y un *Pinus* registrados en Huiztlatzala, Guerrero. Estos resultados se asemejan a los hallazgos de [16] quienes identificaron un patrón similar al registrar cinco especies de la familia Fagaceae como las más abundantes, en el bosque del Cerro de la Lucerna de Tejocote, Guerrero. Ríos et al. [17] destacaron la preeminencia de las familias Fagaceae y Pinaceae en el bosque de Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero, con cinco y tres especies respectivamente. En comparación, en bosques templados de otras regiones del país se ha documentado un mayor número de especies pertenecientes a las familias Pinaceae y Fagaceae. En la Sierra Madre Occidental se han identificado hasta nueve especies de Pinaceae y siete de Fagaceae [18], [8], [19]. Mientras tanto, en la Sierra Madre Oriental, se ha registrado la presencia de hasta tres especies de Pinaceae y cinco de Fagaceae [20], [21].

### Indicadores ecológicos

El número de individuos por hectárea fue menor a los 1372 registrados en un gradiente altitudinal en Oaxaca [22] y los 940 y 716 en dos mediciones de bosque templado en el estado de Chihuahua [23]. Por otro lado, fue similar a los 254 reportados en la misma región del presente estudio en el Sur del estado de Guerrero [24].

El área basal total fue similar a los 19,99 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y 24,07 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> obtenidos en dos evaluaciones en bosques de Durango [25]. En el mismo Estado se menciona también una dominancia menor de 12,88 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> [26]. Alanís et al. [5] mencionan que en los bosques templados de México es frecuente encontrar áreas basales que oscilan entre los 19,00 y 23,00 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, habiendo comunidades vegetales de dimensiones mayores como el registrado [27] en Monte Grande, Sierra Fría, Aguascalientes encontraron un área basal de 36,08 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> a 53,56 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

En bosques templados de Durango se registró un área de copa de 10,251 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> lo cual es similar a lo aquí determinado [25] y en un bosque de Puebla se registró 8,463 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> [28], valor menor a la registrado en este estudio. Es importante mencionar que el área de copa se encuentra condicionada por diversos factores, entre los cuales se encuentra el patrón de crecimiento de las especies, tolerancia, tipo de follaje, exposición a la luz de cada individuo, forma de la copa, densidad de individuos, entre otras [29], [30].

Como se mencionó en párrafos anteriores el género *Pinus* es el más abundante y dominante, sin embargo, generalmente no es el que registra la frecuencia más representativa en bosques mixtos de *Pinus-Quercus*. [31], [32] registraron en sus investigaciones a *Quercus laceyi* y *Quercus polymorpha* como las especies con

la frecuencia más alta respectivamente; [12] también registraron el género *Quercus* con el valor más alto; [10] registraron a *Quercus glaucescens* y *P. radiata* como las especies con la frecuencia más representativa. Rubio et al. [33] registraron a *Rhus virens* en su investigación como la especie con mayor frecuencia; sin embargo, en la presente investigación se registró a *P. oocarpa* como una de las especies con más frecuencia, compartiendo este resultado con otras especies del género *Quercus*. Un resultado sobresaliente es que la especie *B. crassifolia* se presentó en todos los sitios de muestreo, es decir obtuvo la misma frecuencia que los géneros *Quercus* y *Pinus* sin tener valores significativos en los demás indicadores ecológicos.

La especie que destacó con el mayor valor de importancia fue *P. oocarpa*, corroborando hallazgos similares en un bosque de *Pinus-Quercus* en Oaxaca [22]. Por otro lado, en Siguatepeque, Honduras, se observó que esta especie también ostenta el mayor valor ecológico, aunque con un porcentaje de IVI del 24,14%, cifra inferior a la calculada en el presente estudio. Cabe mencionar que, en Siguatepeque, *P. oocarpa* comparte su relevancia con *Liquidambar styraciflua* y *P. maximinoi* quien aquí obtuvo 9,39%.

*P. oocarpa* destaca como una especie de suma importancia, dada su extensa distribución desde el noroeste y noreste de México hasta el centro de Nicaragua. Destaca por exhibir una notable variación altitudinal en el país, alcanzando desde los 2000 hasta los 2500 msnm [34]. Su madera proveniente de bosques naturales desempeña un papel importante como producto de exportación en diversos países de Centroamérica. En el contexto mexicano, esta madera encuentra aplicación en aserríos, triplay, chapas, celulosa, papel, construcciones, duelas y ebanistería. Además, la especie se distingue por su capacidad para la producción de resina en varios países de América Latina, siendo en México, donde se destina principalmente a esta actividad [35], [36], [37] y [38].

La tendencia presente en la distribución diamétrica se observa en diversos bosques templados de México, donde se destaca que la presencia de individuos de dimensiones reducidas asegura la supervivencia del ecosistema al proporcionar una reserva de individuos jóvenes. Esto ha sido corroborado por estudios como los de [39], [40], [41] y [8]. En el caso de los gráficos de distribución de altura, se aprecia una distribución normal, aunque con una ligera asimetría hacia la izquierda. Esto sugiere una mayor concentración de individuos en las clases de altura entre 10 y 17,5 metros, tanto en la comunidad vegetal en general como en la población de *Pinus oocarpa*. La distribución revela una escasez tanto de individuos de porte bajo como sobresalientes. Este resultado en distribución de alturas es similar al

encontrado por [42], donde la mayor abundancia se concentró en las categorías de altura 10 y 15 m y con máximas de hasta 30 m, atribuyendo esto al manejo forestal y la edad del arbolado. Otros estudios en bosques templados señalan una distribución de alturas mayor en las clases menores, indicando buena regeneración y continuidad de la cobertura boscosa a futuro [43], [44].

En comparación con otros estudios sobre la riqueza y diversidad de especies en bosques templados, los resultados indican que el índice de Margalef (DMg) se sitúa en el rango considerado como baja riqueza, ya que valores inferiores a 2,00 se clasifican como bajos [5]. Este resultado es coherente con los hallazgos en un bosque de Nuevo León, quienes reportaron un valor de 0,74 [45]. En términos de diversidad, el índice de Shannon-Wiener (H') también sugiere una diversidad baja. Comparativamente, reportan un índice de Shannon de 2,85, indicando una mayor diversidad en bosques de Durango [46]. Adicionalmente, en la misma región, se observaron índices de Shannon que oscilan entre 0,81 y 1,04 [47]. Mientras que al suroeste de Chihuahua informaron un índice de Margalef de 1,21 y un índice de Shannon-Wiener de 0,92 [48].

## Conclusiones

La proporción de la densidad e índice de valor de importancia de los géneros *Pinus* – *Quercus* resultó tener valores muy similares. *Pinus* estuvo representado por dos especies, mientras que el género *Quercus* por cinco, siendo estos los géneros que mayor dominancia estructural al bosque. La especie con mayor valor de importancia fue *P. oocarpa*. Los valores de riqueza de especies y biodiversidad no fueron altos, pero sí son significativos para bosques templados dada la homogeneidad que registran.

Se registraron valores altos de cobertura de copa a pesar de que el área de estudio presentó una gran cantidad de individuos de porte menor. La comunidad vegetal exhibe un estado de regeneración activo, evidenciado por la alta abundancia de individuos en las clases diamétricas de dimensiones bajas. La información generada brinda un panorama detallado del estado en el que se encuentran el bosque y contribuye con información cuantitativa para poder desarrollar programas de manejo, restauración y rehabilitación.

## Agradecimientos

A las autoridades del ejido Atoyaquillo del municipio de Coyuca de Benítez por las facilidades otorgadas para el establecimiento de las parcelas y realización de la investigación; a la brigada de campo del mismo ejido y

en particular a Artemio, Ángel, Esteban y Silvestre, por su apoyo para el levantamiento de los datos en campo. A los colaboradores Carlos Sánchez, Lourdes Pedroza, Carlos Valdés, Erick Naranjo, Marta Rojnik y Tatiana Niño por su participación durante todo el proceso de la investigación.

## Referencias

- [1] P. Li, X., Zhang, & Yu, Y., "Relationship between ecosystem services and farmers' well-being in the Yellow River Wetland Nature Reserve of China", *Ecological Indicators*, vol 146, Feb., pp.146, 2023.
- [2] C. A. Mora y E. Alanís, "Resiliencia de bosques de pino-encino en América: Una visión global del estado actual". *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. Vol. 13 no. 33, Jun., pp. 1-2. 2016.
- [3] M. Flores, J Jiménez, X. Madrigal, F. Moncayo, F. Takaki, "Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana". Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, DF., 1971.
- [4] A. Challenger, J Soberón. 2008. "Los ecosistemas terrestres", en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México, Conabio. 2008, pp. 87-108.
- [5] E. Alanís Rodríguez, A. Mora Olivo, J. S. Marroquín-de-la-Fuente, "Muestreo ecológico de la vegetación". Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, 2020.
- [6] J. Hernández, O. A. Aguirre, E. Alanís, J. Jiménez, E. J. Treviño, M. A. González, C. Luján, J. M. Olivas, L. A. Domínguez, "Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del Noreste de México". *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Vol. 19 no.2, Agost., pp 189-200, 2013.
- [7] S. A. García García, E. Alanís Rodríguez, Ó. A. Aguirre Calderón, E. J. Treviño Garza, & L. G. Cuéllar Rodríguez, "Caracterización de comunidades forestales en México". Revisión documental. e-CUCBA, vol. 9 no. 17, pp 201-210, 2022.
- [8] J. Rascón Solano, V. S. Galván Moreno, O. A. Aguirre Calderón, & S. A. García García, "Caracterización estructural y carbono almacenado en un bosque templado frío censado en el noroeste de México". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 13, no. 70, Abr., pp. 136-165, 2022.
- [9] A. Magurran, "Measuring Biological Diversity". Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK, 2004
- [10] C. Méndez, E. Alanís, J. Jiménez, O. A. Aguirre, E. J. Treviño. "Análisis de la regeneración pos-incendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México". *Ciencia UANL*, vol. 17 no. 69, Oct., pp. 63-70, 2014.
- [11] J. F. Castellanos, E. J. Treviño, O. A. Aguirre, J. Jiménez, A. Velázquez, "Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca".

- Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 1, no. 2, Dic., pp. 29-52, 2010.
- [12] L. E. Zacarías, G. Cornejo, J. Cortés, N. González, G. Ibarra, "Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 82, no. 3, Sept., pp. 854-869, 2011.
- [13] Trópicos. Missouri Botanical Garden, 2024. Disponible en: <http://www.tropicos.org>.
- [14] F. I. Woodward, M. R. Lomas, & C. K. Kelly, "Global climate and the distribution of plant biomes". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, vol. 359, no. 1450, Oct., pp. 1465-1476, 2004.
- [15] P. A. Rodríguez, M. I. Palacios Rangel, L. Mohedano Caballero, & A. Villanueva Morales. "Estructura y diversidad arbórea de un bosque de pino-encino en Huiztlatzala, Guerrero, México". *Polibotánica*, vol. 55, May., pp. 25-40, 2023.
- [16] I. Flores, B. López., J. M. Ríos & L. Flores, "Distribución y conocimiento tradicional del género *Quercus* del cerro La Lucerna, El Tejocote, Malinaltepec, Guerrero, México". *Foro de Estudios Sobre Guerrero, Medio Ambiente y Recursos Naturales*, vol. 6 no. 1, pp. 560–570, 2019.
- [17] C. J. Ríos, A. V. Cantú, L. B. López, & F. C. Pacheco, "Diversidad y estructura forestal en bosques de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero". *Foro de Estudios Sobre Guerrero, Medio Ambiente y Recursos Naturales*, vol. 6, no. 1, pp.581–592, 2018.
- [18] S. A. García García, E. Alanís-Rodríguez, Ó. A. Aguirre-Calderón, E. J. Treviño Garza, L. G. Cuéllar Rodríguez, & A. C. Chávez-Costa, "Composición, estructura y estado de la regeneración arbórea en un gradiente altitudinal en un bosque templado de Guadalupe y Calvo, Chihuahua". *Polibotánica*, no. 56, Sept., pp. 81-100, 2023.
- [19] S. E. González, Ó. A. Aguirre Calderón, E. Alanís Rodríguez, M. A. González Tagle, E. J. Treviño Garza, & J. J. Corral Rivas, "Evaluación del aprovechamiento forestal en la diversidad y estructura de un bosque templado en Durango". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 13, no. 71, Jun., pp. 103-132, 2022.
- [20] G. E. Manzanilla, J. M. Mata, E. J. Treviño, Ó. A. Aguirre, E. Alanís, & J. I. Yerena, "Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol.11 no. 61, Oct., pp. 94-123, 2023.
- [21] G. E. Manzanilla, Treviño, Ó. A. Aguirre, E. Alanís, J. I. Yerena, & J. M. Mata, "Dinámica del crecimiento en bosques templados del sur de Nuevo León, México". *Madera y Bosques*, vol. 28, no. 1, e2812324, 2022.
- [22] M. U. Velasco, A. Velázquez Martínez, P. Hernández de la Rosa, A. M. Fierros González, & J. A. Gil Vera Castillo, "Caracterización de un bosque templado en un gradiente altitudinal en Oaxaca, México". *Madera y Bosques*, vol. 29, no. 1, e2912465, 2023.
- [23] J. Hernández Salas, Ó. A. Aguirre Calderón, E. Alanís Rodríguez, J. Jiménez Pérez, E. J. Treviño Garza, M. A. González Tagle, & L. A. Domínguez Pereda, "Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noroeste de México". *Madera y Bosques*, vol. 24, no. 2, e2421767, pp. 1-10, 2018.
- [24] C. Méndez Osorio, C. A. Mora Donjuán, E. Alanís Rodríguez, J. Jiménez Pérez, Ó. A. Aguirre Calderón, E. J. Treviño Garza, & M. A. Pequeño Ledezma "Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 9, no. 50, Nov., pp. 35-53, 2018.
- [25] G. Graciano Ávila, E. Alanís-Rodríguez, Ó. A. Aguirre-Calderón, M. A. González Tagle, E. J. Treviño Garza, A. Mora Olivo, & J. J. Corral Rivas, "Cambios estructurales de la vegetación arbórea en un bosque templado de Durango, México". *Acta Botánica Mexicana*, vol. 127, Nov., 2020.
- [26] J. E. Silva García, Ó. A. Aguirre Calderón, E. Alanís Rodríguez, E. Jurado Ybarra, J. Jiménez Pérez, & B. Vargas Larreta, "Estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México". *Polibotánica*, vol. 52, Agost, pp. 89-102, 2021.
- [27] V. M. Martínez Calderón, J. Sosa Ramírez, M. E. Siqueiros-Delgado, & V. Díaz Núñez, "Composición, diversidad y estructura de especies leñosas en los bosques templados de Monte Grande, Sierra Fría, Aguascalientes, México". *Acta Botánica Mexicana*, vol. 128, 2021.
- [28] J. A. López Hernández, Ó. A. Aguirre Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monarrez González, M. A. González Tagle & J. Jiménez-Pérez, "Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México". *Madera y Bosques*, vol. 23, no. 1, pp. 39- 51, 2017.
- [29] C. C. Gómez, "Instalación de parcelas permanentes de muestreo, ppm, en los bosques tropicales del Darién en Panamá [Comarca Embera-Wounaan]. Organización Internacional de las Maderas Tropicales ITTO", Fondo Mundial para la Naturaleza WWF, Comarca Embera-Wounaan y Autoridad Nacional del Ambiente. Comarca Embera-Wounaan, EM, Panamá, pp. 10, 2010.
- [30] T. J. Givnish, "The adaptive geometry of trees". *The American Naturalist*, vol. 195, no. 6, pp. 935-947.
- [31] E. Alanís, J. Jiménez, M. Pando, O. A. Aguirre, E. J. Treviño, P. C. García, "Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque, México". *Madera y Bosques*, vol. 16, no.4, Ene., pp. 39-54, 2010.
- [32] E. Alanís, J. Jiménez, A. Valdecantos, M. Pando, Ó. A. Aguirre, E. J. Treviño, "Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México". *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 17, no. 1, Abr., pp. 31-39, 2011.
- [33] E. A. Rubio, M. A. González, J. D. Benavides, A. A. Chávez, J. Xelhuantzi, "Relación entre necromasa, composición

- de especies leñosas y posibles implicaciones del cambio climático en bosques templados”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 13, no. 1, Feb., pp. 2601-2614, 2016.
- [34] W. S. Dvorak, E. A. Gutiérrez, L. F. Osorio, H. R. Hodge, & J. T. Brawner. “*Pinus oocarpa*”, en Conservation and testing of tropical and subtropical forest tree species”, CAMCORE Cooperative. Raleigh, NC, USA: College of Natural Resources, North California State University, 2000, pp 162-185
- [35] L. P. Olvera Coronel, “Descripción anatómica de la madera de siete especies del género *Pinus*”. Boletín Técnico Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México, 1985.
- [36] J. P. Perry, “The Pines of Mexico and Central America”. Portland, Oregon, USA: Timber Press Inc, 1991.
- [37] J. A. Quiroz-Carranza, & M. A. Magaña Alejandro, “Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales”. *Madera y Bosques*, vol. 21, no. 3, Dic., pp. 171-183, 2015
- [38] C. Zamora Serrano, “Algunos aspectos sobre *Pinus oocarpa* Schiede en el estado de Chiapas”. *Ciencia Forestal*, vol. 6, no. 32, pp. 3-5, 1981.
- [39] C. P. Caballero, E. J. Treviño, B. J. Mata, R. E. Alanís, J. I. Yerena, & L. G. Cuéllar, “Análisis de la estructura y diversidad arbórea de bosques templados en la ladera oriental del volcán Iztaccíhuatl, México”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 13, no. 71, Agost., pp. 76-102, 2022
- [40] S. A. García, E. Alanís, Ó. A. Aguirre, E. Treviño, & G. G. Ávila, “Contenido de carbono y estructura horizontal de un bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 12, no. 63, Dic., pp 48-70, 2021
- [41] G. E. Manzanilla Quijada, J. M. Mata Balderas, E. J. Treviño-Garza, Ó. A. Aguirre Calderón, E. Alanís-Rodríguez, & J. I. Yerena Yamallel, “Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 11, no. 61, Agost., pp. 94–123, 2022
- [42] M. A. Rendón-Pérez, P. Hernández-de la Rosa, A. Velázquez-Martínez, J. L. Alcántara-Carbajal, & Reyes-Hernández, “Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México”. *Madera y Bosques*, Vol 27, no 1, Jul., pp. 1 – 19 , 2021
- [43] M. U. Velasco Luis, A. Velázquez Martínez, P. Hernández de la Rosa, A. M. Fierros González, & J. A. Gil Vera Castillo, “Caracterización de un bosque templado en un gradiente altitudinal en Oaxaca, México”. *Madera y Bosques*, vol 29, no 1, Abr., pp. 1-14 , 2023,
- [44] G. C. Zepeda, M. E. E., Zúñiga., C. B. Aguilar, J. Manjarrez., & L. W. Olascoaga, “Diversidad, estructura y regeneración del bosque de *Abies religiosa* en una zona de hibernación de la mariposa monarca del centro de México”. *Madera y Bosques*, vol 29, no 2, Dic., pp. 1-19, 2023,
- [45] H. Gárate Escamilla, A. Tovar Cárdenas, E. Jurado Ybarra, M. Cotera Correa, E. Alanís Rodríguez, & M. Gutiérrez Gutiérrez, “Diversidad y análisis germinativo de especies arbóreas y arbustivas de interés ecológico en un área incendiada”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 14, no. 79, Agost., pp. 317-331., 2023,
- [46] E. A. Flores Morales, Ó. A. Aguirre Calderón, E. J. Treviño Garza, M. A. González Tagle, E. Alanís Rodríguez, G. Ángeles Pérez, & F. Huizar Amezcua, “Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de pueblo nuevo, Durango, México”. *Polibotánica*, vol. 54, Jul., pp. 11-26., 2022
- [47] E. O. Luna Robles, I. Cantú Silva, & M. I. Yáñez Díaz, “Efectos del manejo forestal en la composición y diversidad de la regeneración natural arbórea en bosques de la Sierra Madre Occidental”. *Polibotánica*, vol. 50, Jul., pp. 19-30., 2020,
- [48] J. M. Villela Suárez, G. G. García-Espinoza, J. J. Marroquín Castillo, Ó. A. Aguirre Calderón, E. J. Treviño Garza, E. & Alanís Rodríguez, “Composición y diversidad arbórea de un bosque de coníferas en el suroeste de Chihuahua, México”. *e-CUCBA*, vol. 17, Dic., pp. 96-103, 2021.