



DOI: 10.29298/rmcf.v15i85.1461

Artículo de investigación

## Estructura arbórea en dos exposiciones de un bosque de pino en Cochoapa El Grande, Guerrero

### Tree structure in two exposures of a pine forest in *Cochoapa El Grande, state of Guerrero*

Beatriz Calleja-Peláez<sup>1,2\*</sup>, Bernardo López-López<sup>1</sup>, Eduardo Alanís-Rodríguez<sup>2</sup>, Ricardo Telles-Antonio<sup>3</sup>, Marco Aurelio González-Tagle<sup>2</sup>, Josafat Cano-Abad<sup>1</sup>

Fecha de recepción/Reception date: 24 de enero de 2024.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 24 de junio de 2024.

<sup>1</sup>Universidad Intercultural del Estado de Guerrero, México.

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

<sup>3</sup>Universidad Mexiquense del Bicentenario, México.

\*Autor para correspondencia; correo-e: beatriz.calleja07@gmail.com

\*Corresponding autor; e-mail: beatriz.calleja07@gmail.com

#### Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la estructura, composición y similitud de especies arbóreas en dos exposiciones: Noroeste (NO) y Sureste (SE) de un bosque templado en la comunidad Cochoapa El Grande, Guerrero, México. En cada una de las exposiciones se establecieron de manera aleatoria seis parcelas de 500 m<sup>2</sup> cada una; las variables dasométricas evaluadas fueron altura total (m) y diámetro normal ( $DN$ ,  $d_{1.30m}$ , cm). Con ello se determinó la distribución dasométrica, Índice de Valor de Importancia ( $IVI$ ), el Índice de Pretzsch y el Índice de similitud de *Sørensen*. La densidad promedio del área fue de 810 ind ha<sup>-1</sup>, con cuatro especies del género *Pinus*; en la exposición SE se presentó la mayor abundancia (1 040 ind ha<sup>-1</sup>), con 25.30 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> en área basal y un volumen de 225.21 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. En la exposición NO se registraron tres especies, con 580 ind ha<sup>-1</sup>, 39.80 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y un volumen de 415.15 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. La especie con el valor de  $IVI$  más alto fue *P. pseudostrobus* (NO=86.86 % y SE=68.65 %). A través del Índice de Pretzsch se definieron tres estratos: NO tuvo  $A=1.30$ ,  $A_{máx}=2.20$  y  $A_{rel}=59.08$  %; en la exposición SE los registros fueron de  $A=1.26$ ,  $A_{máx}=2.48$  y  $A_{rel}=50.69$  %. La composición arbórea entre exposiciones mostró una similitud alta (86 %). La exposición y las condiciones climáticas contribuyen a la distribución y adaptación de diversas especies, ya que se modifican los parámetros de altura y área basal.

**Palabras clave:** Área basal, Índice de Pretzsch, Índice de Similitud de *Sørensen*, Índice de Valor de Importancia, *Pinus pseudostrobus* Lindl., volumen.

#### Abstract

The objective of this research was to evaluate the structure, composition and similarity of tree species in two exposures: Northwest (NW) and Southeast (SE) of a temperate forest in the community of *Cochoapa El Grande, Guerrero, Mexico*. In each of the exposures, six plots of 500 m<sup>2</sup> each were randomly established. The assessed mensuration variables were total height (m) and normal diameter (m) ( $ND$ ,  $d_{1.30m}$ , cm); the mensuration

distribution, Importance Value Index (*IVI*), Pretzsch Index, and Sørensen's similarity index were determined based on those variables. The average density of the area was 810 ind ha<sup>-1</sup>, with four *Pinus* species; the SE exposure had the highest abundance (1 040 ind ha<sup>-1</sup>), with a basimetric area of 25.30 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> and a volume of 225.21 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. In the NW exposure, three species were recorded, with 580 ind ha<sup>-1</sup>, 39.80 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, and a volume of 415.15 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. The species with the highest *IVI* value was *P. pseudostrobus* (NW=86.86 % and SE=68.65 %). Three strata were defined by means of the Pretzsch Index: The values for the NW exposure were  $A=1.30$ ,  $A_{max}=2.20$ , and  $A_{rel}=59.08$  %; in the SE exposure, the recorded values were  $A=1.26$ ,  $A_{max}=2.48$ , and  $A_{rel}=50.69$  %. The tree composition exhibited a high similarity (86 %) between the two exposures. Exposure and climatic conditions contribute to the distribution and adaptation of various species, as height and basimetric area parameters are modified.

**Key words:** Basimetric area, Pretzsch Index, Sørensen's Similarity Index, Importance Value Index, *Pinus pseudostrobus* Lindl., volume.

## Introducción

La importancia de los bosques en el ámbito mundial radica en su biodiversidad (flora y fauna), que cubre 31 % de la superficie terrestre, donde casi la mitad del área forestal está intacta y más de una tercera parte corresponde a bosques primarios (ONUAA y PNUMA, 2020). Otro papel importante de esos ecosistemas es disminuir los problemas de la variabilidad climática por el efecto de diferentes actividades antropogénicas (ONUAA y PNUMA, 2020), que a su vez conllevan una acelerada disminución de la cubierta forestal.

México tiene una superficie forestal de 137 millones de hectáreas, de las cuales más de 94 millones son de vegetación primaria; dichas zonas están en posesión de ejidos y comunidades indígenas, con alto grado de conservación (Conafor, 2020). Los principales géneros que se distribuyen en esas comunidades vegetales son *Pinus* L., *Abies* Mill., *Pseudotsuga* Carrière, *Cupressus* L., *Juniperus* L. y *Quercus* L., además de algunas comunidades mixtas (Challenger y Soberón, 2008).

El conocimiento sobre la estructura y composición de los bosques ha sido un tema fundamental para el personal dedicado al manejo de los recursos naturales (Aguirre-Calderón, 2015; Manzanilla *et al.*, 2020), ya que este es fundamental para proponer estrategias que contribuyan a la conservación o aprovechamiento forestal sostenible (Pretzsch, 1998; Aguirre *et al.*, 2003).

Se ha registrado que diversos factores como la altitud, inclinación y exposición de laderas influyen significativamente en la composición, estructura y riqueza de las comunidades vegetales del hemisferio Norte (Silva-García *et al.*, 2022), en donde las especies presentan ciertas particularidades de adaptación para establecerse en hábitats definidos (Hernández-Salas *et al.*, 2013; Delgado *et al.*, 2016); asimismo, López-Gómez *et al.* (2012) indican que la exposición de ladera modifica las condiciones microclimáticas para el establecimiento de las especies, y la exposición NE es la de mayor humedad; no obstante, existe poca información sobre el comportamiento de estas.

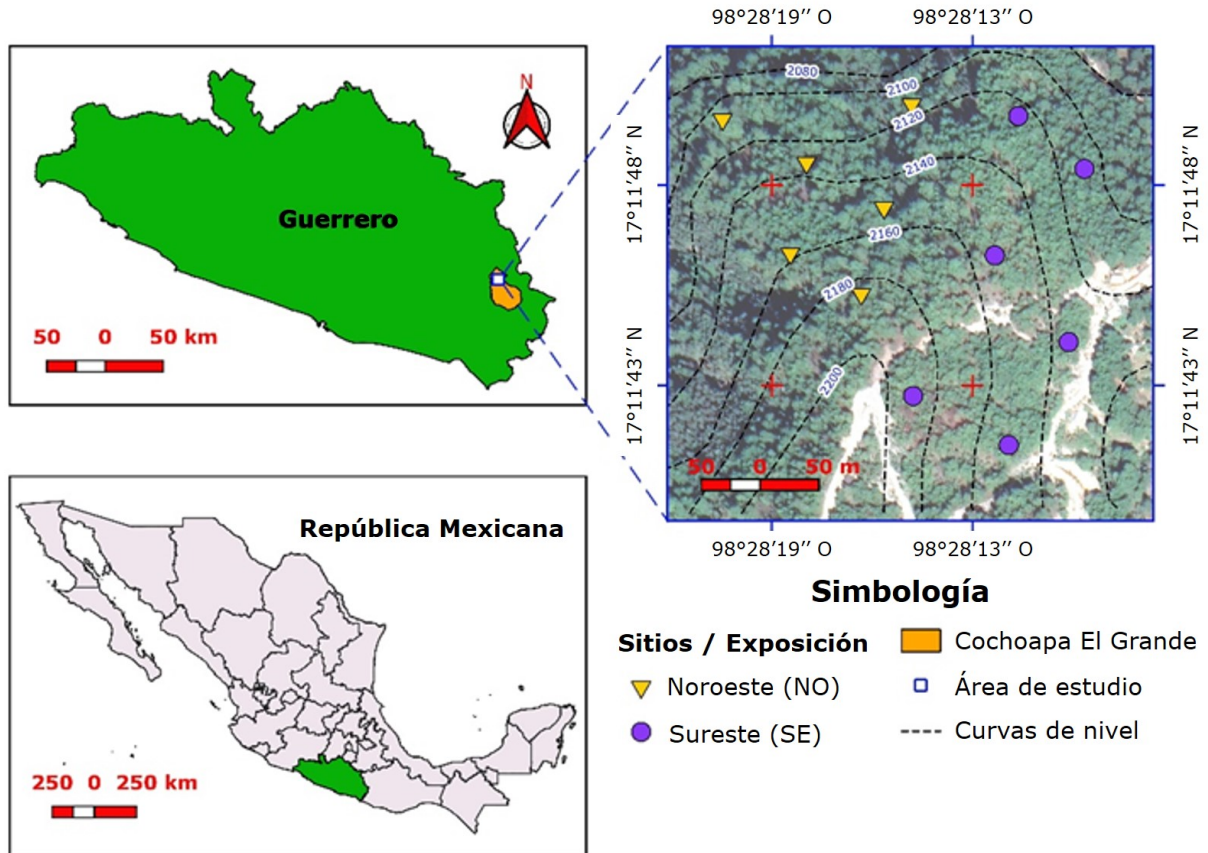
En diversos estados de México se han realizado estudios sobre la estructura, diversidad y composición de los bosques (Graciano-Ávila *et al.*, 2017; Manzanilla *et al.*, 2020; Caballero *et al.*, 2022; García-García *et al.*, 2023); sin embargo, en el estado de Guerrero aún son escasas. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la exposición de ladera (NO vs. SE) en la estructura arbórea de un bosque de *Pinus* en Cochoapa El Grande. La hipótesis planteada fue que el arbolado en la exposición NO presenta mayores valores de diámetro normal, altura total, área basal y volumen.

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación del área de estudio**

El trabajo se realizó en el paraje Los Pinos, localizado en el municipio Cochoapa El Grande al Sureste del estado de Guerrero, en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur entre 98°28'14.86" longitud Oeste y 17°11'47.79" latitud Norte a 2 184

msnm (Figura 1); el tipo de vegetación predominante es bosque de *Pinus* (INEGI,2010).



**Figura 1.** Ubicación de los sitios de muestreo en el área de estudio.

Los suelos dominantes son Leptosol (78.28 %), Regosol (21.35 %) y Phaeozem (0.32 %). El tipo de clima corresponde al templado húmedo C(m)(w), con una temperatura media anual de 12-26 °C y una precipitación que oscila de 110-3 000 mm (INEGI, 2008).

## Obtención y análisis de datos

En el paraje Los Pinos se establecieron seis sitios de muestreo de 500 m<sup>2</sup> de manera aleatoria en exposiciones Sureste (SE) y Noroeste (NO), basado en los parámetros del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Infys) (Figura 1). Las variables dasométricas registradas en cada unidad de muestreo fueron diámetro normal ( $DN$ ,  $d_{1.30m}$ , cm) a los individuos con diámetro  $\geq 7.5$  cm, a una altura de 1.30 m sobre el nivel del suelo, para ello se utilizó una cinta diamétrica *Forestry Suppliers*<sup>®</sup> 283D/5M; la altura ( $h$ ) se registró con un clinómetro *Suunto*<sup>®</sup> PM5/360PC. El nombre científico se corroboró con la guía de campo de los Pinos de México y América Central (Farjon *et al.*, 1997).

A partir de las variables de cada exposición (SE y NO) se calculó el Índice de Valor de Importancia Ecológica ( $IVI$ ) (Ecuación 1) con valores porcentuales de 0 a 100 % por especie, los cuales se obtuvieron mediante la sumatoria de los valores de abundancia (densidad), dominancia en área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y frecuencia relativa (presencia en cada sitio) (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Alanís *et al.*, 2020).

$$IVI = \frac{(AR+DR+FR)}{3} \quad (1)$$

Donde:

$IVI$  = Índice de Valor de Importancia

$AR$  = Abundancia relativa

$DR$  = Dominancia relativa

$FR$  = Frecuencia relativa

La estructura vertical del arbolado se determinó a partir del Índice de *Pretzsch* ( $A$ ) (Pretzsch, 1998), que clasifica una población en tres estratos: Estrato I (80-100 %) en el cual el individuo más alto pertenece a 100 %, Estrato II (50-80 %) y Estrato III (0-50 %). Este índice genera desde un valor de cero hasta un máximo; el valor cero ( $A=0$ ) indica que la población está compuesta por una sola especie y un solo piso,  $A_{máx}$  es el valor máximo para cada una de las especies por estrato y se alcanza cuando la totalidad de los taxones están presentes en la misma proporción en un estrato o rodal (Corral *et al.*, 2005; Manzanilla *et al.*, 2020). Para el cálculo del índice se empleó la siguiente Ecuación:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z P_{ij} \times \ln(P_{ij}) \quad (2)$$

$$A_{máx} = \ln(S \times Z) \quad (3)$$

$$A_{rel} = \frac{A}{\ln(S \times Z)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

$A$  = Índice de distribución vertical

$P_{ij}$  = Porcentaje de especies en cada zona, se estima mediante  $(ni; \frac{j}{N})$

$ni;j$  = Número de individuos de la especie  $i$  en el estrato  $j$

$A_{máx}$  = Deriva del Índice  $A$ , corresponde al valor máximo de  $A$ , dado por el número de especies y zonas de altura

$S$  = Número de especies presentes

$Z$  = Número de estratos respecto a la altura

$N$  = Número total de individuos

$A_{rel}$  = Estandarización en porcentaje del índice  $A$

Para determinar la semejanza de la composición de las especies, se determinó la similitud de los taxa presentes por exposición con el Índice de similitud cualitativa de *Sørensen* ( $C_s$ ) (Ecuación 5) propuesto por Magurran (2004).

$$C_s \% = \frac{2c}{a+b} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

$C_s$  % = Coeficiente de similitud

$a$  y  $b$  = Número de especies únicas en cada sitio

$c$  = Número de especies en común entre los dos sitios

El volumen se estimó con la Ecuación descrita en el Sistema Biométrico Forestal para el manejo de los bosques de México (Sibifor) del estado de Guerrero (Ecuación 6), para ello se aplicaron los estimadores establecidos en cada especie (Cuadro 1). Este sistema se considera como un portafolio de ecuaciones confiables para el cálculo de las existencias volumétricas (Vargas-Larreta *et al.*, 2017).

$$V = a_0 \times d^{\alpha_1} \times h^{\alpha_2} \quad (6)$$

Donde:

$V$  = Volumen en rollo total árbol con corteza

$a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  = Parámetros del modelo

$d$  = Diámetro

$h$  = Altura

**Cuadro 1.** Parámetros de los modelos aplicados para la estimación del volumen por especie.

Parámetro	Estimador			
	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	<i>Pinus herrerae</i> Martínez	<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.
a0	0.0000594	0.0000333	0.0000531	0.0000822
a1	1.7990181	1.8478799	1.898198	1.9270973
a2	1.0437044	1.1923615	0.972669	0.7849548

Los análisis de datos recabados en campo se procesaron en una hoja de cálculo en *Excel*<sup>®</sup>, y para detectar las diferencias entre variables por exposición se realizó una prueba  $t$  de *Student*, procedimiento ejecutado en el *software IBM SPSS Statistics 20.0* (SPSS, 2011).

## Resultados y Discusión

El bosque de pino de la comunidad Cochoapa El Grande, Guerrero, está dominado por cuatro especies de la familia Pinaceae: *Pinus douglasiana* Martínez, *P. herrerae* Martínez, *P. pseudostrobus* Lindl. y *P. teocote* Schltdl. & Cham. En diversos



estudios, el género *Pinus* se ha citado como uno de los que tienen más amplia distribución en los bosques de México (López-Hernández *et al.*, 2017; Rendón-Pérez *et al.*, 2021; Caballero *et al.*, 2022; García-García *et al.*, 2023).

El número de especies de *Pinus* registrados en esta investigación concuerdan con los resultados de Caballero *et al.* (2022), quienes identificaron cinco taxones en bosques templados del centro del país, y con Rendón-Pérez *et al.* (2021) que mencionan solo tres especies en el Sureste del estado de Hidalgo.

## **Estructura horizontal**

En el bosque se estimó una densidad promedio de 810 ind ha<sup>-1</sup>; la exposición SE presentó 1 040 ind ha<sup>-1</sup> de cuatro taxones del género *Pinus*, mientras que en la exposición NO hubo 580 ind ha<sup>-1</sup> con tres especies (Cuadro 1). *P. pseudostrobus* fue el más abundante en las dos exposiciones con 520 y 830 ind ha<sup>-1</sup>, respectivamente; seguido de *P. douglasiana* (113 ind ha<sup>-1</sup>) y *P. herrerae* (57 ind ha<sup>-1</sup>); estos valores son superiores a los estimados por Silva-García *et al.* (2022), quienes documentaron una densidad alta de 600 y 344 ind ha<sup>-1</sup> para *P. arizonica* Engelm. en dos exposiciones (Norte y Sur) en un bosque templado del estado de Durango; Barrios-Calderón *et al.* (2022) consignaron 533 ind ha<sup>-1</sup> para *P. maximinoi* H. E. Moore en un bosque de *Pinus-Quercus* en Chiapas. En la localidad de Pueblo Nuevo, Durango, Silva-García *et al.* (2021) registran a *P. durangensis* Martínez, *P. herrerae* y *P. douglasiana* con 40, 23 y 22 ind ha<sup>-1</sup>, respectivamente; los cuales son bajos con respecto a los obtenidos en la presente investigación.

Con respecto a la dominancia estimada por medio del área basal, a la exposición Noroeste correspondió el valor más alto (39.80 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 2). *P. pseudostrobus* tuvo cifras superiores a 38.18 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, que resulta mayor a lo citado en otros estudios para la misma especie: Graciano-Ávila *et al.* (2017) al Suroeste del estado de Durango; Ramos *et al.* (2017) y Manzanilla *et al.* (2020) estiman en bosques de pino y pino-encino del municipio Galeana, Nuevo León, 23.54, 4.94 y 10.25 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La exposición Sureste presentó 25.30 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> de dominancia, con 19.26 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> para *P. pseudostrobus*, que fue la especie más dominante para dicha exposición; mientras que *P. douglasiana* tuvo 3.98 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, superior a 1.10 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> estimado por Silva-García *et al.* (2021) al Sur del estado de Durango.

**Cuadro 2.** Parámetros estructurales estimados para cada especie por exposición (NO y SE).

Exp.	Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
		Absoluta N ha <sup>-1</sup>	Relativa Ar %	Absoluta m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Relativa Dr i %	Absoluta sitios	Relativa %	
NO	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	520	89.66	38.18	95.93	6	75	86.86
	<i>Pinus herrerae</i> Martínez	57	9.77	1.25	3.13	1	12.5	8.47
	<i>Pinus teocote</i> Schltld. & Cham.	3	0.57	0.37	0.94	1	12.5	4.67
	Total	580	100	39.80	100	8	100	100
SE	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	830	79.81	19.26	76.13	5	50	68.65
	<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	113	10.90	3.98	15.72	2	20	15.54
	<i>Pinus herrerae</i> Martínez	90	8.65	1.27	5.04	2	20	11.23
	<i>Pinus teocote</i> Schltld. & Cham.	7	0.64	0.79	3.10	1	10	4.58
Total	1 040	100	25.30	100	10	100	100	

Exp. = Exposición.

La especie con menor dominancia fue *P. teocote* con 0.37 y 0.79 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> en las dos exposiciones del presente estudio (Cuadro 2), pero mayor a lo señalado por Caballero *et al.* (2022) para bosque de pino (0.02) y bosque de aile-pino (0.07) en el estado de Puebla.

La especie con menor Índice de Valor de Importancia (*IVI*) fue *P. teocote* con 4.67 a 4.58 %, mientras que el mayor *IVI* correspondió a *P. pseudostrobus* con 86.86 % en la exposición Noroeste y para la Sureste de 68.65 % (Cuadro 2); los cuales son valores cercanos a los registrados por Ramos *et al.* (2017) de 78 % para la misma especie en un área incendiada y Mora-Donjuán *et al.* (2017) para *Quercus elliptica* Née en un bosque de encino en Guerrero. Manzanilla *et al.* (2020) consignan para dos sitios un *IVI* de 27.67 y 12.18 % para *P. pseudostrobus* en exposición Noreste, cifras superiores con respecto a 7 % considerado para bosque de *P. patula* Schltdl. & Cham. en Ixtlán de Juárez, Oaxaca (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008).

### **Estructura vertical (*Pretzsch*)**

A partir del Índice de Distribución vertical de *Pretzsch* se definieron tres estratos de altura en las dos exposiciones: Estrato I o superior (>80 % de la altura máxima), Estrato II o medio (entre 50-80 %) y Estrato III o bajo (hasta 50 %).

**Exposición NO.** La altura máxima fue de 26.7 a 33 m, con dominancia de *P. pseudostrobus* (especie presente en los tres estratos) con 36 individuos; *P. teocote* solo registró un individuo de 28.5 m. El Estrato medio estuvo conformado por *P.*

*pseudostrobus* y *P. herrerae*, con alturas de 17 a 26.4 m; y en el Estrato bajo se presentaron alturas de 11.3 a 16.5 m (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Valores del Índice Vertical de *Pretzsch* para el área de estudio.

Exposición	Estrato	Especie	Núm. Ind.	H (m)		$\bar{x}$	Índice de <i>Pretzsch</i>							
				Máx	Mín		A	A <sub>máx</sub>	A <sub>rel</sub> %					
NO	I	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	36	33	26.7	29.9	1.30	2.20	59.08					
		<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	1	28.5	28.5									
	II	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	87	26.4	17					21.7				
		<i>Pinus herrerae</i> Martínez	13	25	17					21				
	III	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	33	16.5	6					11.3				
		<i>Pinus herrerae</i> Martínez	4	16	11.2					13.6				
	Total			174	145.4					106.4	97.4			
SE	I	<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	3	29.7	28.4	29.1	1.26	2.48	50.69					
		<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	3	34	27.5					30.8				
	II	<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	7	26.3	18.2					22.3				
		<i>Pinus herrerae</i> Martínez	1	18	18					18				
		<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	60	27	17.4					22.2				
	III	<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	1	23.5						11.8				
		<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	24	16.5	3.6					10.1				
		<i>Pinus herrerae</i> Martínez	26	16	3.7					9.9				
		<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	186	17	3					10				
			<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	1	16.3					16.3	16.3			
	Total			312	224.3					136.1	180.2			

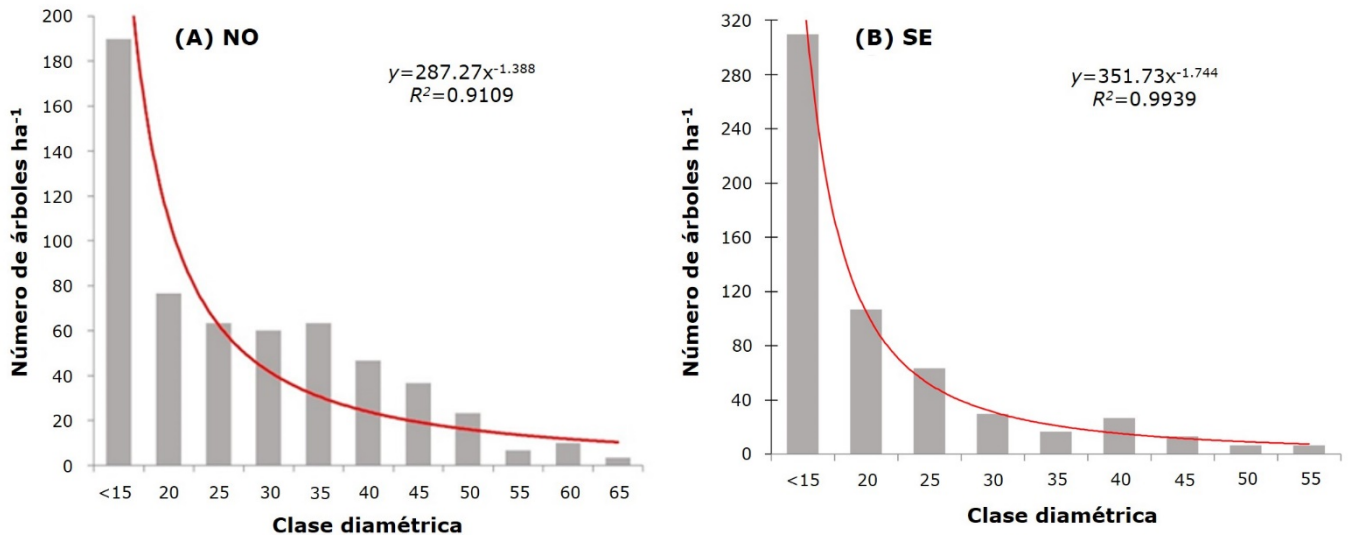
**Exposición SE.** En el Estrato I se registró a *P. pseudostrobus* y *P. douglasiana* con alturas que oscilan de 27.5 a 34 m (seis individuos), mientras que el Estrato medio lo integraron cuatro taxones: *P. pseudostrobus*, *P. douglasiana*, *P. herrerae* y *P. teocote* con un intervalo de 17.4 a 27 m; y en el Estrato bajo (3 a 17 m) se contabilizaron 237 individuos de las mismas especies (Cuadro 3).

Lamprecht (1990) sustenta que existen taxa con un comportamiento de distribución continua, es decir, que se localizan en todos los estratos, un claro ejemplo es *P. pseudostrobus*, especie con distribución vertical en los tres estratos para las dos exposiciones estudiadas; y en la ladera SE, *P. douglasiana* mostró un comportamiento continuo. De acuerdo con los resultados, dichos taxones tienen asegurada su permanencia en la composición y estructura, por distribuirse en los tres estratos del bosque (Acosta *et al.*, 2006).

La exposición NO presentó valores relativamente superiores para el Índice de Pretzsch  $A=1.30$ ,  $2.20 A_{m\acute{a}x}$  y  $59.08\%$  de  $A_{rel}$ , con respecto a la SE cuyos registros fueron  $A=1.26$ ,  $2.48 A_{m\acute{a}x}$  y  $50.60\%$   $A_{rel}$  (Cuadro 3). Dichos valores son cercanos a los estimados por Mora-Donjuán *et al.* (2017) para un bosque de encino en la Sierra Madre del Sur del estado de Guerrero y a los de Rubio *et al.* (2014), con  $A=2.01-1.86$ ,  $A_{m\acute{a}x}=3.74-3.30$  y  $A_{rel}=54-56\%$  en P-1 y P-2, respectivamente, en bosque de pino-encino en el Sureste de Nuevo León. Por ello, Flores-Morales *et al.* (2022) señalan que  $A_{rel}$  cercanas a  $100\%$  indican que todas las especies se distribuyen de forma equitativa en los tres estratos de altura; lo anterior es similar con el resultado obtenido en la presente investigación.

## Caracterización diamétrica

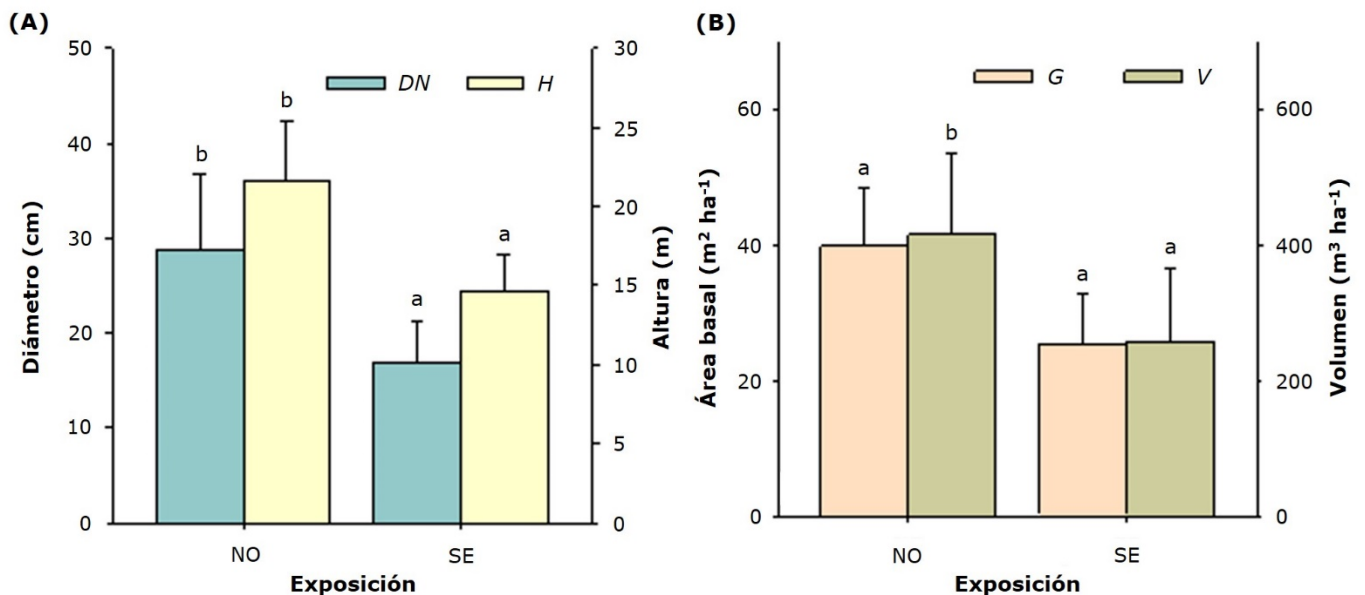
Con base en la caracterización diamétrica (cm) en las dos exposiciones, la exposición SE presentó un alto valor de  $R^2=0.99$  con  $310 \text{ ind ha}^{-1}$  para la categoría  $<15 \text{ cm}$ ; para  $DN<55 \text{ cm}$  solo se observaron siete individuos (Figura 2B); asimismo, en la exposición NO ( $R^2=0.91$ ) se obtuvo mayor número de individuos en la clase diamétrica  $<15 \text{ cm}$  ( $190 \text{ ind ha}^{-1}$ ) y únicamente tres árboles tuvieron valores de  $65 \text{ cm}$  (Figura 2A). Con base en el análisis de datos se observó un comportamiento asimétrico hacia la izquierda, es decir, una estructura en forma de *J* invertida, con dominancia de árboles jóvenes y un descenso para los árboles de gran diámetro (por causas antrópicas), lo cual muestra una tasa alta de regeneración del bosque, que en su momento reemplazarán a los árboles de diámetros mayores. El valor de  $R^2$  es similar a lo registrado por López-Hernández *et al.* (2017) en un bosque del estado de Puebla ( $R^2=0.96$ ). En otros estudios se ha documentado que el comportamiento de la curva es característico de bosques templados en diversos estados del país (Manzanilla *et al.*, 2020; Caballero *et al.*, 2022; García-García *et al.*, 2023).



A = Exposición NO; B = Exposición SE.

**Figura 2.** Distribución de clases diamétricas por exposición en un bosque de pino en Cochoapa El Grande, Guerrero, México.

Las variables dasométricas resultaron mayores en la exposición NO con  $DN=28.76$  cm,  $H=21.6$  m,  $G=39.8$  m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y  $V=415.15$  m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; en la exposición SE se registraron valores de  $DN=16.9$  cm,  $H=14.7$  m,  $G=25.3$  m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y  $V=225.21$  m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, con valores de  $p<0.05$  de acuerdo con la prueba de comparación de medias  $t$  de Student (Figura 3). Los resultados concuerdan con el supuesto de que la exposición Noreste proporciona condiciones favorables de temperatura y humedad para el desarrollo de las especies (Manzanilla *et al.*, 2020) y un menor déficit hídrico y evapotranspiración de las plantas (López-Gómez *et al.*, 2012).



A = Diámetro y altura; B = Área basal y volumen de dos exposiciones. Valores promedios±desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas.

**Figura 3.** Comparación de medias de  $t$  para variables dasométricas.

El Índice de similitud cualitativa de Sørensen estimó 85.71 % de especies compartidas en ambas exposiciones (NO y SE), lo que indica 86 % de similitud en

su composición vegetal. Este valor se asemeja a lo descrito por Buendía-Rodríguez *et al.* (2019) con >80 % en una exposición Noreste para un bosque de pino-encino en el estado de Nuevo León.

## **Conclusión**

Los resultados para el bosque de *Pinus* en Cochoapa El Grande, Guerrero, evidencian un mejor diámetro normal, altura total y área basal en la exposición Noroeste debido a la presencia de condiciones favorables de temperatura y humedad, que propician un menor déficit hídrico de las especies. *Pinus pseudostrobus* presenta el mayor Índice de Valor de Importancia, con 86.86 y 68.85 % en la exposición Noroeste y Sureste, respectivamente. La composición de especies presenta valores muy similares.

El Índice de *Pretzsch* permite visualizar la distribución de la altura en los árboles presentes en el área. La distribución diamétrica indica que el bosque está conformado por árboles jóvenes o de regeneración, que con el tiempo reemplazarán a los individuos longevos del sitio. Realizar trabajos enfocados a la estructura y composición de los bosques, permitirá conocer los cambios a través del tiempo y favorecerá la implementación de estrategias para el manejo sustentable de los recursos forestales.

## **Agradecimientos**

Un sincero agradecimiento al Comisario y pobladores de la comunidad Cochoapa El Grande por el acceso y disponibilidad para realizar el trabajo de campo, así como a la brigada de campo.



### **Conflicto de interés**

Los autores declaran no tener conflicto de interés. Eduardo Alanís-Rodríguez declara no haber participado en el proceso editorial del manuscrito.

### **Contribución por autor**

Beatriz Calleja-Peláez: diseño del estudio, análisis y redacción del manuscrito; Bernardo López-López: planeación del trabajo de campo, análisis estadísticos y revisión del manuscrito; Eduardo Alanís-Rodríguez: diseño del estudio y revisión del manuscrito; Ricardo Telles-Antonio y Marco Aurelio González-Tagle: revisión del manuscrito; Josafat Cano-Abad: recolección de información de campo.

### **Referencias**

Acosta, V. H., P. A. Araujo y M. C. Iturre. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Santiago del Estero. Santiago del Estero, JFB, Argentina. 35 p. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-22-Caracteres-estructurales-ACOSTA.pdf>. (15 de noviembre de 2023).

Aguirre, O., G. Hui, K. von Gadow and J. Jiménez. 2003. An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management* 183(1-3):137-145. Doi: 10.1016/S0378-1127(03)00102-6.

Aguirre-Calderón, O. A. 2015. Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y Bosques*

21:17-28. Doi: 10.21829/myb.2015.210423.

Alanís R., E., A. Mora O. y J. S. Marroquín de la F. 2020. Muestreo ecologico de la vegetacion. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, NL, México. 204 p.

Barrios-Calderón, R. de J., J. E. Pérez P., J. R. Torres V. y J. F. Aguirre-Cadena. 2022. Estructura y composición florística de un bosque de *Pinus-Quercus* en El Porvenir, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(73):50-74. Doi: 10.29298/rmcf.v13i73.1252.

Buendía-Rodríguez, E., E. J. Treviño-Garza, E. Alanís-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle y M. Pompa-García. 2019. Estructura de un ecosistema forestal y su relación con el contenido de carbono en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(54):4-25. Doi: 10.29298/rmcf.v10i54.149.

Caballero C., P., E. J. Treviño G., J. M. Mata B., E. Alanís R., J. I. Yerena Y. y L. G. Cuéllar R. 2022. Análisis de la estructura y diversidad arbórea de bosques templados en la ladera oriental del volcan Iztaccihuatl, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(71):76-102. Doi: 10.29298/rmcf.v13i71.1253.

Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, Ó. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez, M. Musalem-Santiago y R. López-Aguillón. 2008. Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 14(2):51-63. Doi: 10.21829/myb.2008.1421212.

Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. *In*: Sarukhán, J. (Comp.). *Capital Natural de México*, vol. 1. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Tlalpan, D. F., México. pp. 87-108.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2020. *México con alto grado de vegetación nativa*. <https://www.gob.mx/conafor/articulos/mexico-con-alto-grado-de-vegetacion-nativa?idiom=es#:~:text=Datos%20del%20Inventario%20Nacional%20Forestal,pertenecen%20a%20la%20vegetaci%C3%B3n%20primaria>. (3 de noviembre de 2023).

Corral R., J. J., O. A. Aguirre C., J. Jiménez P. y S. Corral R. 2005. Un análisis del

efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14(2):217-228. Doi: 10.5424/srf/2005142-00885.

Delgado Z., D. A., S. A. Heynes S., M. D. Mares Q., N. L. Piedra L., ... y L. Ruacho-González. 2016. Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(33):94-107. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322016000100094](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000100094). (13 de diciembre de 2023).

Farjon, A., J. A. Pérez de la R. and B. T. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America. Royal Botanic Gardens. Richmond, LDN, England. 147 p.

Flores-Morales, E. A., O. A. Aguirre-Calderón, E. J. Treviño-Garza, M. A. González-Tagle, ... y F. Huizar-Amezcu. 2022. Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. *Polibotánica* (54):11-26. Doi: 10.18387/polibotanica.54.2.

García-García, S. A., E. Alanís-Rodríguez, Ó. A. Aguirre C., E. J. Treviño-Garza, L. G. Cuéllar-Rodríguez y A. Collantes C. 2023. Composición, estructura y estado de la regeneración arbórea en un gradiente altitudinal en un bosque templado de Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Polibotánica* (56):81-100. Doi: 10.18387/polibotanica.56.5.

Graciano-Ávila, G., Ó. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez y J. E. Lujan-Soto. 2017. Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12):535-542. Doi: 10.19136/era.a4n12.1114.

Hernández-Salas, J., Ó. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, ... y L. A. Domínguez-Pereda. 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(2):189-199. Doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.08.052.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2008. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas (2008). <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568>. (28 de noviembre 2023).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Cochoapa el Grande, Guerrero. Clave geoestadística 12078. INEGI. Aguascalientes, Ags., México. 9 p. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/12/12078.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/12/12078.pdf). (28 de noviembre de 2023).

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades para un aprovechamiento sostenido. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Eschborn, HE, Alemania. 335 p.

López-Gómez, V., P. Zedillo-Avelleyra, S. Anaya-Hong, E. González-Lozada y Z. Cano-Santana. 2012. Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y ecomorfología de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae). *Botanical Sciences* 90(4):453-457. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-42982012000400005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982012000400005). (20 de enero de 2024).

López-Hernández, J. A., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monarrez-González, M. A. González-Tagle y J. Jiménez-Pérez. 2017. Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Maderas y Bosques* 23(1):39-51. Doi: 10.21829/myb.2017.2311518.

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

Manzanilla Q., G. E., J. M. Mata B., E. J. Treviño G., Ó. A. Aguirre C., E. Alanís R. y J. I. Yerena Y. 2020. Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*

11(61):94-123. Doi: 10.29298/rmcf.v11i61.703.

Mora-Donjuán, C. A., O. N. Burbano-Vargas, C. Méndez-Osorio y D. F. Castro-Rojas. 2017. Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus* L.) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 14(35):68-75. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/3154>. (25 de noviembre de 2023).

Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. El País y Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (Bolfor). Santa Cruz de la Sierra, S, Bolivia. 87 p. <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>. (26 de noviembre de 2023). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2020. El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. ONUAA y PNUMA. Roma, RM, Italia. 197 p.

Pretzsch, H. 1998. Structural diversity as a result of silvicultural operations. *Lesnictví-Forestry* 44(10):429-439. <https://www.waldwachstum.wzw.tum.de/fileadmin/publications/457.pdf>. (25 de septiembre de 2023).

Ramos R., J. C., E. J. Treviño G., E. Buendía R., O. A. Aguirre C. y J. I. López M. 2017. Productividad y estructura vertical de un bosque templado con incidencia de incendios forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8(43):64-88. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/66>. (25 de noviembre de 2023).

Rendón-Pérez, M. A., P. Hernández-de la Rosa, A. Velázquez-Martínez, J. L. Alcántara-Carbajal y V. J. Reyes-Hernández. 2021. Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México. *Madera y Bosques* 27(1):1-19. Doi: 10.21829/myb.2021.2712127.

Rubio C., E. A., M. A. González T., J. Jiménez P., E. Alanís R. y D. Y. Ávila F. 2014. Diversidad y distribución vertical de especies vegetales mediante el Índice de Pretzsch. *Ciencia UANL* 17(65):34-41. <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=799>. (25 de noviembre de 2023).

Silva-García, J. E., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, E. Jurado-Ybarra, J. Jiménez-Pérez y B. Vargas-Larreta. 2021. Estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Polibotánica* (52):89-102. Doi: 10.18387/polibotanica.52.7.

Silva-García, J. E., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, E. Jurado-Ybarra, ... y J. J. Corral R. 2022. Influencia de la altitud y exposición en la estructura y composición de un bosque templado en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(70):64-84. Doi: 10.29298/rmcf.v13i70.1163.

Statistical Package for the Social Science (SPSS). 2011. IBM SPSS Statistics for Windows. Version 20.0. IBM Corp. New York, NY, United States of America.

Vargas-Larreta, B., J. J. Corral-Rivas, O. A. Aguirre-Calderón, J. O. López-Martínez, ... and C. G. Aguirre-Calderón. 2017. SiBiFor: Forest Biometric System for forest management in Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 23(3):437-455. Doi: 10.5154/r.rchscfa.2017.06.040.



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