



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.236>

Artículo

## Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México

### Phytodiversity and structure of a pine – oak forest in the Sierra Madre del Sur, México

Cuauhtémoc Méndez Osorio<sup>1</sup>, Carlos Alberto Mora Donjuán<sup>2</sup>, Eduardo Alanís Rodríguez<sup>3</sup>, Javier Jiménez Pérez<sup>3</sup>, Oscar Alberto Aguirre Calderón<sup>3</sup>, Eduardo Javier Treviño Garza<sup>3</sup> y Miguel Ángel Pequeño Ledezma<sup>4\*</sup>

#### Abstract:

The condition of the vegetation of a pine forest in the *Sierra Madre del Sur* in the state of *Guerrero*, Mexico, was evaluated. Five 1 000 m<sup>2</sup> circular plots were established. A census of every > 4' DBH woody species was made. The height (*h*), diameter (*DBH*) and canopy diameter were measured for each tree. Density, coverage, and frequency were estimated. The importance value index was calculated as well as diversity through the Margalef Index (*DMg*) and the Shannon-Wiener Index (*H'*). The vertical structure was described by Pretzsch Index. In total, five species which belong to two families and two genera were recorded. The family with the greatest presence in the study was Fagaceae with three species. The specie with the highest value of importance was *Pinus oocarpa*, 63.53 %, in contrast to *Quercus rugosa* with 3.23 %. The vertical diversity index of Pretzsch recorded the highest occurrence of species in the low stratum, with 50.4 % of the individuals; of which *P. oocarpa* contributed by 51 individuals. It is concluded that the evaluated plant community is in an active regeneration state and has low diversity as well as scarce species richness.

**Key words:** Mixed forest, diversity, phytodiversity, ecological indicators, Pretzsch Index, *Pinus* – *Quercus* forests.

#### Resumen

En un bosque de *Pinus-Quercus* en la Sierra Madre del Sur en el estado de Guerrero, se evaluó la fitodiversidad y estructura de la vegetación. Se establecieron cinco parcelas circulares de 1 000 m<sup>2</sup>. Se realizó un censo de todas las especies leñosas con un DAP > 10 cm. A cada individuo se le tomaron medidas dendrométricas de altura total (*h*), diámetro (*DAP*) y diámetro de la copa. Se estimó la densidad, la cobertura, la frecuencia y el Índice de Valor de Importancia, así como la diversidad mediante el Índice de Margalef (*DMg*) y el Índice de Shannon-Wiener (*H'*). La estructura vertical se describió mediante el Índice de Pretzsch. En total se registraron cinco especies pertenecientes a dos familias y dos géneros. La familia con mayor presencia en el lugar de estudio fue Fagaceae con tres especies. *Pinus oocarpa* registró el mayor valor de importancia, de 63.53 %, en contraste con *Quercus rugosa* con 3.23 %. El índice de diversidad vertical de Pretzsch reveló la mayor ocurrencia de especies en el estrato bajo, con 50.4 % de los individuos; de los cuales *P. oocarpa* aportó 51. Se concluye que la comunidad vegetal estudiada está en proceso de regeneración activa y posee baja diversidad y una riqueza de especies reducida.

**Palabras clave:** Bosque mixto, diversidad, fitodiversidad, indicadores ecológicos, Índice de Pretzsch, bosques de *Pinus* – *Quercus*.

Fecha de recepción/Reception date: 15 de marzo de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 8 de octubre de 2018

<sup>1</sup>Facultad de Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de Guerrero. México.

<sup>2</sup> Instituto para el Manejo y Conservación de la Biodiversidad A. C. México.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

<sup>4</sup>Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Montes, Universidad Politécnica de Madrid. España.  
México. Correo-e: mikepequeno@hotmail.com

## Introducción

Los bosques contribuyen a la provisión de bienes y servicios ambientales, tales como la conservación de diversidad biológica, captura de carbono, regulación del ciclo hidrológico y el clima (Seppelt *et al.*, 2011). Después de las selvas, los bosques de *Pinus-Quercus* son uno de los ecosistemas con mayor diversidad en el mundo; se extienden en los Estados Unidos de América, México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua Honduras y Cuba (Mora y Alanís, 2016).

La estructura de estos bosques se reconoce como un indicador clave de la fitodiversidad, la estabilidad ecológica y el desarrollo de los rodales (Franklin *et al.*, 2002), que junto con la densidad y la diversidad son características importantes para la descripción cuantitativa de la vegetación (Gadow *et al.*, 2007). En este sentido, los árboles son los elementos principales de la estructura ecosistémica (Del Río *et al.*, 2003) y un adecuado indicador de la biodiversidad para evaluar el estatus del rodal forestal (Ozdemir *et al.*, 2012).

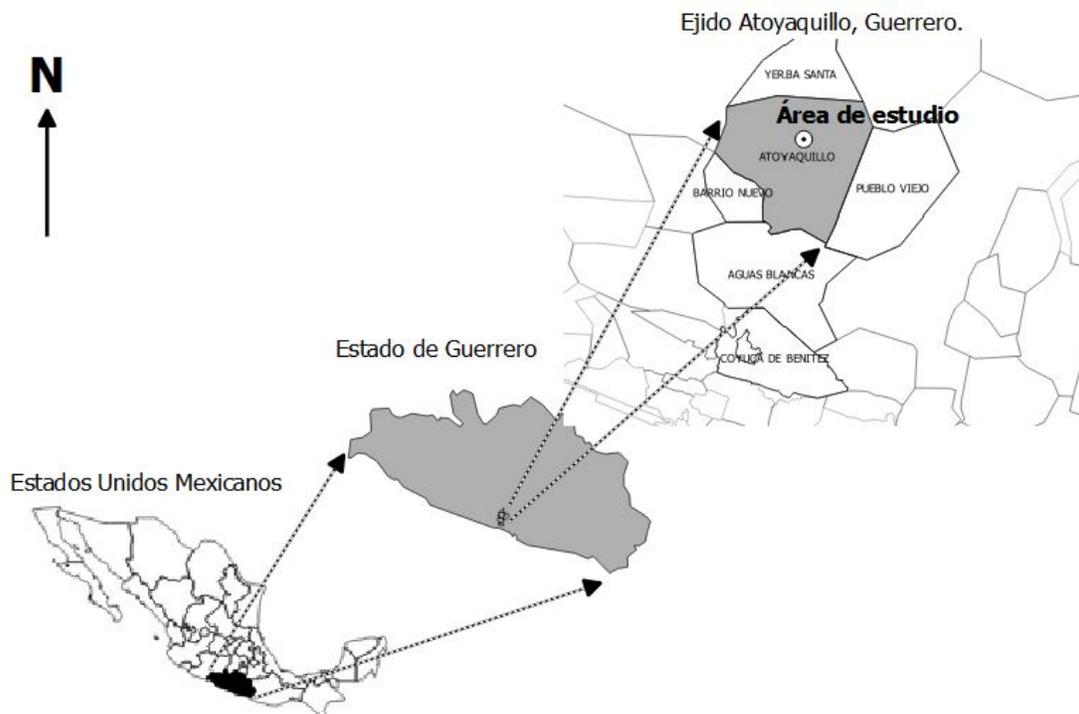
De acuerdo con Magurran (2004), las medidas de riqueza proporcionan una expresión comprensible e instantánea de la diversidad, y los indicadores de estructura horizontal como la densidad, la dominancia y la frecuencia describen la relación entre especies de una población (Hernández *et al.*, 2013; Saravanan *et al.*, 2013), y, con frecuencia, se han utilizado en estudios de vegetación (Castellanos *et al.*, 2010; Alanís *et al.*, 2011; Méndez *et al.*, 2014) por su gran atractivo intuitivo.

Sin embargo, en la porción guerrerense de la Sierra Madre del Sur se han desarrollado pocos estudios referentes al estado actual de las asociaciones de *Pinus-Quercus*. Al respecto, la presente investigación evalúa la fitodiversidad y la estructura de un bosque de *Pinus-Quercus* en la Sierra Madre del Sur, México. Con esta investigación se generará información sobre el estado actual de la vegetación, la cual podría servir para el desarrollo de programas de restauración ecológica.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El estudio que se describe a continuación se realizó en un área del bosque de *Pinus-Quercus* en el ejido Atoyaquillo, municipio Coyuca de Benítez, que forma parte de la Sierra Madre del Sur en el estado de Guerrero, México. El área se ubica a  $17^{\circ}09'46.34''$  norte y  $100^{\circ}03'55.76''$  oeste. El intervalo altitudinal es de los 1 000 a 1 100 m. La precipitación media anual es de 1 100 mm (Figura 1) (Inegi, 2002).



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio.

## **Análisis de la vegetación**

Para evaluar la condición de la vegetación de un bosque de *Pinus-Quercus*, se establecieron cinco parcelas circulares de 1 000 m<sup>2</sup> (radio 17.84 m). Se optó por este diseño porque solo se requiere un punto de control al centro, a diferencia de las parcelas rectangulares o cuadradas que consideran cuatro (McRoberts *et al.*, 2015). Se distribuyeron de manera aleatoria en áreas que presentaron las mismas condiciones fisiográficas de pendiente, exposición y altitud. En las parcelas de muestreo se realizó un censo de todas las especies leñosas con un DAP > 10 cm ( $d_{0.10m}$ ). A cada individuo se le midió la altura total ( $h$ ) con un hipsómetro *Suunto Pm-5*; el diámetro ( $DAP$ ), con una forcípula *Haglöf Mantax Blue* 1270mm; y diámetro de la copa, con una cinta métrica de 100 m fibra de vidrio cruceta *Truper*<sup>®</sup> (en sentido norte – sur y este – oeste).

La densidad por especie se determinó con respecto al número total de árboles; la cobertura, en función del área de la copa; y su frecuencia con base en la presencia de los taxones en las parcelas de muestreo. Las variables calculadas se utilizaron para estimar el Índice de Valor de Importancia (IVI), que es un valor ponderado a nivel de taxón, y que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

## **Análisis de la información**

Para evaluar la contribución de los taxa a la estructura de la comunidad vegetal de interés, se utilizó la estimación de las siguientes variables: abundancia, cobertura, frecuencia e índice de valor de importancia. Para la riqueza de especies se usó el índice de *Margalef* ( $D_{Mg}$ ) y para la diversidad alfa el índice de *Shannon-Wiener* ( $H'$ ) (Magurran, 2004) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Fórmulas utilizadas para determinar los índices de distribución horizontal, de diversidad de especies y estructura vertical de las especies.

<b>Fórmula</b>	<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
$De_{rel} = \left( \frac{De}{\sum_{j=1}^n De} \right) * 100$	(1)	<p><math>De</math> = Densidad absoluta</p> <p><math>De_{rel}</math> = Densidad relativa por especie</p>
$De = \frac{N_i}{S}$	(2)	<p><math>N_i</math> = Número de individuos de la especie <math>i</math></p> <p><math>S</math> = Superficie de muestreo (ha)</p>
$Do = \frac{G_i}{S}$	(3)	<p><math>Do</math> = Dominancia absoluta</p> <p><math>G_i</math> = Área basal de la especie <math>i</math></p> <p><math>S</math> = Superficie (ha).</p>
$Do_{rel} = \left( \frac{Do}{\sum_{j=1}^n Do} \right) * 100$	(4)	<p><math>Do_{rel}</math> = Dominancia relativa de la especie <math>i</math> respecto a la dominancia total</p> <p><math>Do</math> = Dominancia absoluta</p>
$Fr = \frac{P_i}{NS}$	(5)	<p><math>Fr</math> = Frecuencia absoluta</p> <p><math>Fr_{rel}</math> = Frecuencia relativa de la especie <math>i</math> respecto a la frecuencia total</p>
$Fr_{rel} = \left( \frac{Fr}{\sum_{j=1}^n Fr} \right) * 100$	(6)	<p><math>P_i</math> = Número de sitios en los que está presente la especie <math>i</math></p> <p><math>NS</math> = Número total de sitios de muestreo.</p>
$IVI = \frac{De_{rel} + Do_{rel} + Fr_{rel}}{3}$	(7)	<p><math>De_{rel}</math> = Densidad relativa por especie respecto a la densidad total</p>

---

		$Do_{rel}$ = Dominancia relativa de la especie $i$ respecto a la dominancia total
		$Fr_{rel}$ = Frecuencia relativa de la especie $i$ respecto a la frecuencia total
		$D_{Mg}$ = Índice de Margalef
		$s$ = Número de especies presentes
		$ln$ = Logaritmo natural
		$N$ = Número total de individuos
$D_{Mg} = \frac{(s-1)}{\ln(N)}$	(8)	
		$H'$ = Índice de Shannon-Wiener
		$S$ = Número de especies presentes
		$N$ = Número total de individuos
		$n_i$ = Número de individuos de la especie
		$ln$ = Logaritmo natural
$H' = -\sum_{i=1}^s p_i * \ln(p_i)$	(9)	
		$N$ = Número total de individuos
		$n_i$ = Número de individuos de la especie
		$ln$ = Logaritmo natural
$p_i = n_i/N$	(10)	
		$S$ = Número de especies presentes
		$Z$ = Número de estratos en altura
$A = -\sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} * \ln p_{ij}$	(11)	
		$P_{ij}$ = Porcentaje de especies en cada zona y se estima mediante la siguiente ecuación $p_{ij}=n_{i,j}/N$
$A_{max} = \ln(S * Z)$	(12)	
		$n_{i,j}$ = Número de individuos de la misma especie ( $i$ ) en la zona ( $j$ )
		$N$ = Número total de individuos
$A_{rel} = \frac{A}{\ln(S * Z)} * 100$	(13)	

---

La estructura vertical de la vegetación se caracterizó con el índice de A (Pretzsch, 2009) (Cuadro1), que considera valores mínimos de 0 y máximos de  $A_{max}$ , y en el cual se representa la vegetación en tres estratos, de acuerdo a la máxima altura registrada. El estrato I: 80 %-100 % de la altura máxima de la vegetación, estrato II: 50 %-80 %, y estrato III: de 0 a 50 %.

Un valor de  $A=0$  significa que el rodal está constituido por una sola especie en un solo estrato mientras que  $A_{max}$  se presenta cuando todas las especies se presentan en proporciones iguales en el rodal y en los diferentes estratos (Pretzsch, 2009).

## **Resultados y Discusión**

### **Diversidad**

El índice de *Margalef* (1951) arrojó un valor de 0.72, lo que supone una baja diversidad de acuerdo con los criterios del mismo autor, en los cuales valores inferiores a 2.0 indican una baja riqueza de especies. El índice de Shannon (1948) de 0.78, significa una baja diversidad de acuerdo con sus parámetros. En una investigación realizada bajo la misma metodología en un bosque templado de la Sierra Madre del Sur de México, Méndez *et al.* (2014) obtuvieron un resultado similar en el índice de *Margalef*, pero superior en el índice de *Shannon*.

En otra investigación, Alanís *et al.* (2011) registraron valores superiores en ambos índices en un estudio sobre regeneración del arbolado posincendio en el Parque Ecológico Chipinque (noreste de México); López *et al.* (2017) calcularon cifras más altas al evaluar la composición y la diversidad de las especies forestales en bosques templados del estado de Puebla, a partir de las mismas variables dasométricas estimadas en esta investigación. Graciano *et al.* (2017) también señalan índices destacados en bosques de pino – encino de diferentes regiones del noreste de México. La baja diversidad de especies arbóreas en ese tipo de ecosistemas es atribuida a la

alta frecuencia de los géneros de *Pinus* y *Quercus* en dichas comunidades vegetales (Mora y Alanís, 2016).

### Riqueza de especies

Se registró una riqueza de cinco especies, pertenecientes a dos familias y dos géneros (Cuadro 2). Fagaceae está representada por tres especies, mientras que Pinaceae registró dos. Méndez *et al.* (2014) documentan cinco familias e igual número de taxones en un bosque de *Pinus-Quercus* de la Sierra Madre del Sur después de un incendio. Juárez *et al.* (2014) contabilizaron una cantidad inferior de especies en un bosque de la Sierra de San Carlos en Tamaulipas; mientras que, Torres *et al.* (2006), Alanís *et al.* (2011), Zacarías *et al.* (2011), Hernández *et al.* (2013), Graciano *et al.* (2017), López *et al.* (2017) y Rubio *et al.* (2017) consignaron un número mayor en un bosque de esta asociación vegetal en diferentes regiones de México, al presentado en el presente estudio. La baja riqueza de especies podría deberse a la influencia de factores antrópicos como la agricultura, la tala clandestina, el aprovechamiento local de taxa y los constantes incendios derivados de los cultivos ilegales en la región.

**Cuadro 2.** Lista de especies en el área de estudio.

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Familia</b>
<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	Pino	Pinaceae
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	Ocote	Pinaceae
<i>Quercus crassifolia</i> Benth.	Encino blanco	Fagaceae
<i>Quercus elliptica</i> Née	Encino amarillo	Fagaceae
<i>Quercus rugosa</i> Née	Barrillo	Fagaceae

## Indicadores ecológicos

### Densidad

Se contabilizaron 254 individuos (N)  $\text{ha}^{-1}$ , de los cuales 88.19 % (224 N  $\text{ha}^{-1}$ ) son pinos y 11.81 % (30 N  $\text{ha}^{-1}$ ) encinos. La especie con mayor densidad fue *Pinus oocarpa*, con 77.95 % (198 N  $\text{ha}^{-1}$ ), y, en contraste, *Quercus rugosa* la del valor más bajo con 0.79 % (2 N  $\text{ha}^{-1}$ ). Torres *et al.* (2006), Alanís *et al.* (2011), Méndez *et al.* (2014), Graciano *et al.* (2017) y López *et al.* (2017) señalan un número más alto de árboles por hectárea en diferentes regiones de bosques de *Pinus-Quercus* en México.

Existe una gran variedad de especies que destacan como las más abundantes en ecosistemas de pino- encino de México. Méndez *et al.* (2014), en un análisis de la regeneración posincendio en un bosque de la Sierra de Guerrero, citan a *Pinus radiata* D. Don. En bosques templados del noreste de México, al caracterizar la regeneración posincendio, Alanís *et al.* (2011) consideran a *Quercus polymorpha* Schltdl. & Cham. como el taxon sobresaliente; Graciano *et al.* (2017) y Hernández *et al.* (2013) en el mismo tipo de ecosistema, seleccionaron a *Pinus cooperi* C. E Blanco y a *Pinus arizonica* Engelm. López *et al.* (2017) registraron a *Pinus montezumae* Lamb., en bosques templados de Puebla (Cuadro 3).



**Cuadro 3.** Importancia ecológica de las especies registradas en el área de estudio.

Nombre científico	Densidad		Dominancia (área de copa)		Frecuencia		IVI
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
	N ha <sup>-1</sup>	A <sub>r</sub>	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	A <sub>r</sub>			
<i>Pinus oocarpa</i>	198	77.95	10 891	70.96	5	41.67	63.53
<i>Pinus maximinoi</i>	26	10.24	2 561	16.69	2	16.67	14.53
<i>Quercus elliptica</i>	12	4.72	536	3.49	1	8.33	5.52
<i>Quercus crassifolia</i>	16	6.30	1 273	8.29	3	25.00	13.20
<i>Quercus rugosa</i>	2	0.79	88	0.57	1	8.33	3.23
Total	254	100	15 349	100	12	100	100

### Dominancia (cobertura)

La cobertura total fue de 15 348 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, lo que sugiere una cobertura > 100 %, y, por lo tanto, se confirma un traslape de copas; porcentaje con el cual coinciden Alanís *et al.* (2011); Hernández *et al.* (2013) registraron una cobertura inferior (88. 76 %) en su investigación en un bosque templado de Chihuahua.

De los dos géneros de interés, *Pinus* predomina con 87.64 % de cobertura (13 452 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), mientras que *Quercus* ocupa el porcentaje restante (1 897 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). Los resultados de Alanís *et al.* (2011) y de Sánchez *et al.* (2014) también ponderan a *Pinus* con la mayor dominancia, al igual que diversos autores. A nivel de especie, *Pinus oocarpa* tuvo la mayor cobertura relativa con 70.96 % (10 891 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), y *Quercus rugosa* solo 0.57 % (88 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 3).

## Frecuencia

*Pinus* estuvo presente en todas las parcelas de muestreo, en particular *Pinus oocarpa* (41.67 %) y *Quercus* en tres; *Quercus elliptica* y *Quercus rugosa* tuvieron la menor frecuencia relativa (8.33 %), ya que solo se les identificó en una parcela (Cuadro 3). Este comportamiento de los pinos lo ratificaron Jiménez *et al.* (2001), Torres *et al.* (2006), Alanís *et al.* (2008), Hernández *et al.* (2013), Méndez *et al.* (2014), Delgado *et al.* (2016), Graciano *et al.* (2017) y Hernández *et al.* (2013) en sus respectivas investigaciones; pero Zacarías *et al.* (2011) y Alanís *et al.* (2011) destacaron a *Quercus* como el género más frecuente.

## Índice de Valor de Importancia (IVI)

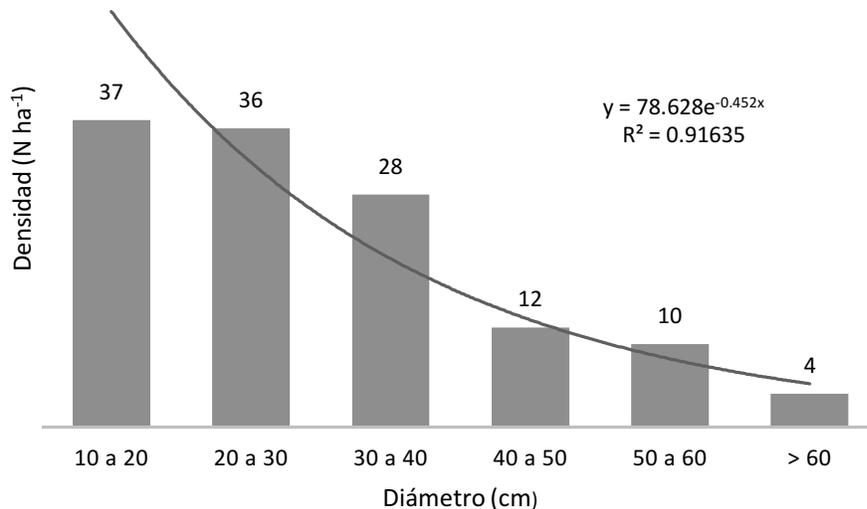
*Pinus* alcanzó 78.05 % de valor de IVI, y *Quercus* 21.95 %. A nivel especie *Pinus oocarpa* obtuvo el valor más alto con 63.53 % y el más bajo fue para *Quercus rugosa* con 3.23 % (Cuadro 3). Los autores que confirmaron la mayor frecuencia de pinos, también lo hacen para IVI, pero no coinciden con las especies de la presente investigación. Alanís *et al.* (2010), Alanís *et al.* (2011) y Zacarías *et al.* (2011) indican a *Quercus* con el mayor IVI.



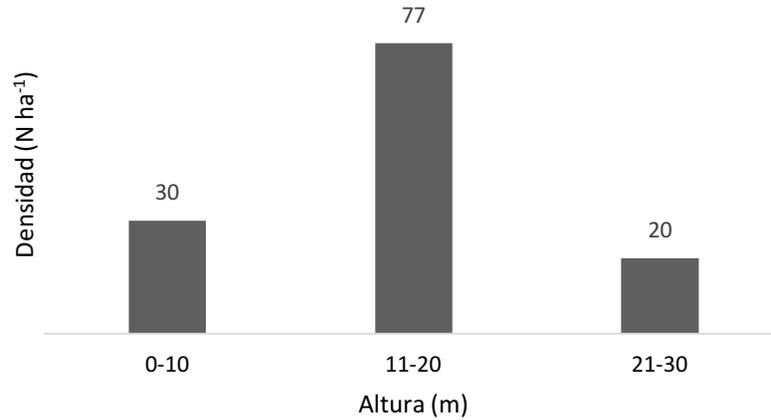
## Clasificación diamétrica y por alturas

En el histograma se observa una línea de tendencia exponencial en decremento, conforme aumentan las clases diamétricas. Las categorías de 10-20 cm y 20-30 cm reúnen más de 50 % de los individuos incluidos en el estudio, lo que actúa como indicador de regeneración activa, por el nivel alto de reclutamiento de individuos en el lugar.

La tercera categoría también alberga un número importante de individuos, pero las categorías superiores a 40 cm de DAP agrupan una cantidad menor. Los resultados indican un bosque en regeneración y crecimiento en el que la población más abundante se agrupa en las primeras categorías diamétricas (Figura 1). Referente a las alturas, en la categoría de 11-20 m se concentra el mayor número de árboles, seguido por el intervalo de 0 – 10 m; y por último el grupo más reducido queda comprendido en la categoría de 21 – 30 m (Figura 2).

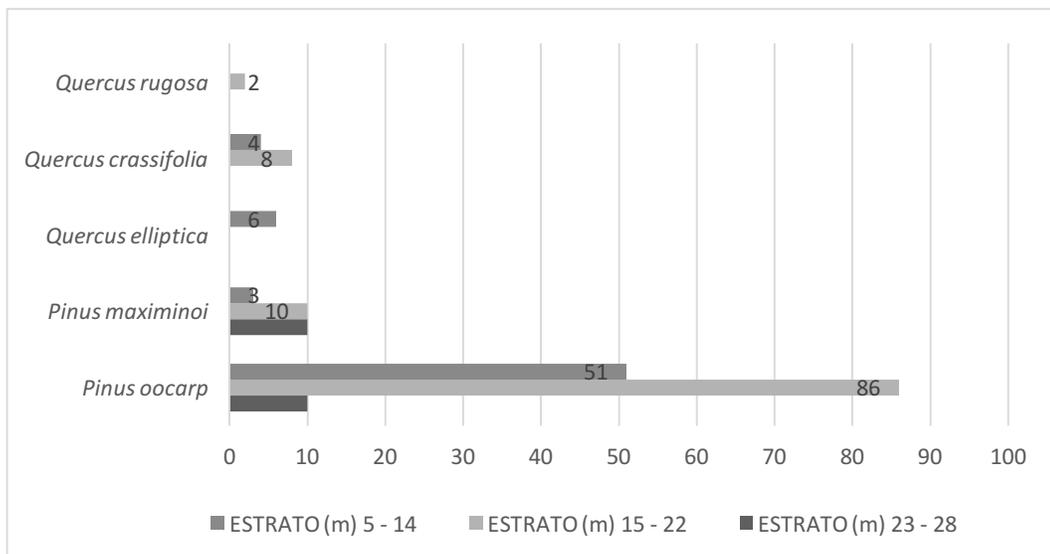


**Figura 1.** Distribución de categorías diamétricas en un bosque de *Pinus-Quercus* en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México.



**Figura 2.** Distribución de clases de alturas en un bosque de *Pinus-Quercus* en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México.

Para la diversidad estructural vertical de las especies se determinaron tres estratos: alto (III), de 23 a 28 m; medio (II), de 15 a 22 m y bajo (I), de 5 a 14 m. La mayor densidad de especies se reunió en el bajo, con 50.4 % de los individuos (127 N ha<sup>-1</sup>), de los cuales *Pinus oocarpa* aportó 102 N ha<sup>-1</sup>. En el estrato medio se concentró 41.7 % del total de individuos, representado por *Quercus crassifolia*, *Quercus rugosa*, *Pinus maximinoi* y *Pinus oocarpa* con 86 N ha<sup>-1</sup> (81.1%) (Figura 3).



**Figura 3.** Distribución vertical de las especies en el área de estudio.

El resultado para el índice de *Pretzsch* fue de  $A = 2.07$  con un  $A_{max} = 2.70$ , lo que indica que la distribución de especies está altamente representada por el estrato bajo (I), con una mayor proporción de árboles entre 5 y 14 m, que disminuye ligeramente al incrementarse la altura en el siguiente estrato (II). El estrato alto (III) presenta una baja densidad relativa (7.8 %), y está conformado por dos especies (*Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi*) Estos datos coinciden con los de Rubio *et al.* (2014), quienes también registraron una alta presencia de árboles en el estrato inferior y poca representatividad del estrato superior (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Distribución vertical de las especies en el área de estudio.

<b>Estrato (m)</b>	<b>Altura máx. /estrato (%)</b>	<b>Densidad (N ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Porcentaje respecto al total de ind. (%)</b>
I	28 m (100 %)	128	50.4
II	22 m (80 %)	106	41.7
III	14 m (50 %)	20	7.8
Total		254	100

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados de la presente investigación, se concluye que la comunidad vegetal estudiada reúne pocas especies (cinco) y una baja diversidad, lo cual está relacionado con la alta densidad de *Pinus* y *Quercus*, que genera una proyección de copa superior a 100%

Esta comunidad presenta un estado de regeneración activa, ya que de los tres estratos verticales definidos, el mejor representado es el inferior, lo que confirma el mayor número de individuos de porte bajo y en las categorías diamétricas inferiores (de 10 a 30 cm) una numerosa población y pocos ejemplares con diámetros por encima de los 40 cm.

### **Agradecimientos**

A las autoridades del ejido de Atoyaquillo en Coyuca de Benítez, México; en especial a Don Carmelo Bernal por el apoyo y las facilidades otorgadas para realizar los trabajos en campo. A los colegas Erick Naranjo, Tatiana Niño, Marta Rojnik, Carlos Valdes, Lourdes Pedroza, Abel Martínez y Michel Martínez por el apoyo en el levantamiento de los datos en campo y su apoyo en gabinete. A las brigadas de campo por el acompañamiento y apoyo en el levantamiento de datos en campo, en especial a Ángel, Artemio, Esteban y Silvestre.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### **Contribución por autor**

Cuauhtémoc Méndez Osorio: trabajo de campo y elaboración del manuscrito; Carlos Alberto Mora Donjuán: elaboración del manuscrito, análisis de resultados y discusión, diseño de figuras y mapas; Eduardo Alanís Rodríguez: elaboración y revisión general del manuscrito; Javier Jiménez Pérez: elaboración y revisión general del manuscrito; Oscar Alberto Aguirre Calderón: elaboración y revisión general del manuscrito; Eduardo Javier Treviño Garza: elaboración y revisión general del manuscrito; Miguel Ángel Pequeño Ledezma: elaboración y revisión general del manuscrito y aplicación de correcciones.

## Referencias

Alanís, E., J. Jiménez, D. Espinoza, E. Jurado, O. A. Aguirre y M. A. González. 2008. Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(2):113-118.

Alanís, E., J. Jiménez, M. Pando, O. A. Aguirre, E. J. Treviño y P. C. García. 2010. Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque, México. *Madera y Bosques* 16(4):39-54.

Alanís, E., J. Jiménez, A. Valdecantos, M. Pando, O. A. Aguirre y E. J. Treviño. 2011. Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(1):31-39.

Castellanos, J. F., E. J. Treviño, O. A. Aguirre, J. Jiménez y A. Velázquez 2010. Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2):29-52.

Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigaciones Agrarias: Sistemas de Recursos Forestales* 12(1):159-176.

Delgado D., A., S. A. Heynes, M. D. Mares, N. L. Piedra, F. I. Renata, K. Rodríguez, A. I. Villanueva, M. S. González y L. Ruacho. 2016. Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(33):94-107. DOI: [10.29298/rmcf.v7i33.92](https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i33.92)

Franklin, J. F., T. A. Spies, R. Van Pelt, A. B. Carey, D. A. Thornburgh, D. R. Berg, D. B. Lindenmayer, M. E. Harmon, W. S. Keeton, D. C. Shaw, K. Bible and J. Chen. 2002. Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forest as an example. *Forest Ecology and Management* 155(1):399-423.

- Gadow, K. V., O. S. Sánchez y J. G. Álvarez. 2007. Estructura y Crecimiento del Bosque. Universidad de Göttingen. Göttingen Alemania. 287 p.
- Graciano, G., O. A. Aguirre, E. Alanís y J. E. Lujan. 2017. Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noreste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12):535-542.
- Hernández, J., O. A. Aguirre, E. Alanís, J. Jiménez y M. A. González. 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(3):189-199.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2002. Coyuca de Benítez Guerrero: Cuaderno estadístico municipal 2001. Aguascalientes, Ags., México. 39 p.
- Jiménez, J., O. A. Aguirre y H. Kramer. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino – encino en el Norte de México. *Investigaciones Agrarias, Sistema de Recursos Forestales* 10(2):356-366.
- Juárez S., M., P. A. Domínguez-Calleros y J. Návar-Chaidez. 2014. Análisis de la estructura silvícola en bosques de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, Mexico. *Foresta Veracruzana* 16(1):25-34.
- López J., A., O. A. Aguirre, E. Alanís, J. C. Monarrez, M. A. González y J. Jiménez. 2017. Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques* 23(1): 39-51.
- Magurran, A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK. 256 p.
- Margalef, R. 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publicación del Instituto Biología Aplicada*. Barcelona, España 9:5-27.
- McRoberts, R. E., E. O. Tomppo y E. L. Czaplewski. 2015. *Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales*. SLU. 1. FAO. Roma, Italia. 21p.

- Méndez, C., E. Alanís, J. Jiménez, O. A. Aguirre y E.J. Treviño. 2014. Análisis de la regeneración postincendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México. *Ciencia UANL* 17(69):63-70.
- Mora, C. A. y E. Alanís. 2016. Resiliencia de bosques de pino-encino en América: Una visión global del estado actual. *Revista Forestal Mesoamericana KURÚ* 13(36):1-2.
- Mostacedo, B. y T.S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Editora El País. Santa Cruz, Bolivia. 87p.
- Ozdemir, I., K. Ozkan, A. Mert, U.Y., Ozkan, O. Senturk and O. Alkan. 2012. Mapping forest stand structural diversity using Rapideye satellite data. Recuperado de [http://congrexprojects.com/docs/12c04\\_docs2/poster2\\_6\\_ozdemir.pdf](http://congrexprojects.com/docs/12c04_docs2/poster2_6_ozdemir.pdf) (13 de septiembre de 2017).
- Pretzsch, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model*. Springer-Verlag. Berlín Heidelberg, Alemania. 664p.
- Rubio E., A., M. A. González, J. Jiménez, O. A. Aguirre, D. Y. Ávila y E. Alanís. 2014. Diversidad y distribución vertical de especies mediante el índice de Pretzsch. *Ciencia UANL* 17(65):34-41.
- Rubio E., A., M. A. González, W. Himmelsbach, D. Y. Ávila, E. Alanís y J. Jiménez. 2017. Patrones de distribución espacial del arbolado en un bosque mixto de pino – encino del Noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:113-121.
- Sánchez, J., P. A. Domínguez y J. Návar. 2014. Análisis de la estructura silvícola en bosques de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. *Foresta Veracruzana*. 16(1):25-34.
- Saravanan, S., K. Ravichandran, A. Balasubramanian and K. Paneerselvam. 2013. Structure and floristic composition of tree diversity in Andaman tropical evergreen forest of middle Andaman, India. *Indian Journal of Forestry* 36(2):167-171.

Seppelt, R., C. F. Dormann, F.V. Eppink, S. Lautenbach and J.S. Schmidt. 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology* 48:630-636.

Shannon, C. 1948. The mathematical theory of communication. En: The mathematical theory of communication. *In*: Shannon, C. E. and W. Weaver (ed.). University of Illinois Press Urbana. Champaign, IL, USA. pp. 29-125.

Torres L., M., J. A. Sánchez y J. Jiménez. 2006. Análisis estructural de un ecosistema forestal de *Pinus - Quercus* en la Sierra Madre Oriental. *Revista Ciencia Forestal en México* 31(100):7-30.

Zacarías, L. E., G. Cornejo, J. Cortés, N. González y G. Ibarra. 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(3):854-869.