



# Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México

## Composition and diversity of forest species in forests temperate of Puebla, Mexico

Juan Antonio López-Hernández<sup>1</sup>, Óscar A. Aguirre-Calderón<sup>1</sup>, Eduardo Alanís-Rodríguez<sup>1\*</sup>,  
José Carlos Monarrez-Gonzalez<sup>2</sup>, Marco A. González-Tagle<sup>1</sup> y Javier Jiménez-Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México.

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Durango, Dgo., México.

\* Autor de correspondencia. eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx

### RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la composición y la diversidad de las especies forestales en bosques templados en la zona este del estado de Puebla (centro de México). La base de datos se obtuvo de 45 sitios permanentes de investigación silvícola (SPIS), ubicados en la región forestal Centro y Pico de Orizaba pertenecientes a la Unidad de Manejo Forestal, Umafor 2105. Se registró información dasométrica de altura total (m), diámetro a la altura del pecho (cm) y cobertura de copa de ejemplares con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 7.5 cm. Para cada una de las especies se cuantificó su dominancia a través del área basal, su abundancia de acuerdo con el número de árboles y su frecuencia en las parcelas de muestreo. Se generó un valor ponderado para cada especie, denominado índice valor de importancia (IVI). La diversidad y la riqueza de especies se estimaron utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y el índice de Margalef ( $D_{MG}$ ). Los resultados mostraron 11 especies arbóreas, distribuidas en cinco géneros. La familia con mayor riqueza fue Pinácea, con seis especies; de las cuales *P. montezumae* fue la que presentó los valores mayores de densidad, área basal y área de copa seguida por *A. religiosa*. Para la comunidad estudiada se registró un valor de índice de Shannon-Wiener de 1.37 y uno de índice de Margalef de 1.35. Estos valores obtenidos indican tendencia a la heterogeneidad del ecosistema.

**PALABRAS CLAVE:** índice de Margalef, índice de Shannon-Wiener, índice de valor de importancia, riqueza de especies, variables estructurales.

### ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the composition and diversity of forest species in temperate forests in the eastern part of Puebla state, in central Mexico. A database was obtained from 45 permanent forestry research sites located in the Central and Pico de Orizaba forestry region, belonging to the Forest Management Unit, Umafor 2105. Dasometric information was recorded, including total height (m), diameter at breast height (cm) and crown cover of specimens with a diameter at height chest greater or equal to 7.5 cm. For each of the species, dominance was quantified through the basal area, and abundance calculated according to the number of trees and their frequency within the sample plots; a weighted value was generated for each species, known as the importance value index (IVI). Diversity and species richness were estimated using the Shannon-Wiener diversity ( $H'$ ) and Margalef ( $D_{MG}$ ) indices. The results showed 11 tree species belonging to five genera. The richest family was Pinaceae, with six species, of which *P. montezumae* presented the highest values of density, basal area and crown area, followed by *A. religiosa*. For the studied community, a Shannon-Wiener index value of 1.37 and a Margalef index ( $D_{MG}$ ) value of 1.35 were recorded. These values indicate a tendency towards heterogeneity in the ecosystem.

**KEYWORDS:** Margalef index, Shannon-Wiener index, importance value index, species richness, structural variables.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques y selvas del mundo son importantes para la sociedad en general por proveer insumos directos y materias primas industriales, por sus funciones ecológicas que disminuyen la erosión, eliminan el bióxido de carbono del aire, reducen el calentamiento del planeta, regulan el régimen de lluvias, favorecen la recarga de los acuíferos y preservan la biodiversidad de la flora y la fauna (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2011; Daily, 1997).

México forma parte de los 10 países mega diversos y con mayor superficie de bosques primarios en el mundo, la nación se ubica en el cuarto sitio en riqueza de especies (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011). Posee una superficie arbolada mayor a 64.8 millones de hectáreas, de las cuales 52% corresponden a bosques templados (Challenger, 1998; Comisión Nacional Forestal, 2012). Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur. En este tipo de bosques predominan los de los géneros *Pinus*, *Abies*, *Quercus*, *Juniperus* y bosques mesófilos de montaña (Granados, López y Hernández, 2007; FAO, 2005).

La disminución de superficie arbolada en México ha generado problemas ecológicos, económicos y sociales. Esta disminución es causada por aprovechamientos forestales mal planeados, modificación en el régimen del fuego, avance de la frontera agrícola, pastoreo, contaminación atmosférica, plagas y enfermedades forestales (López-López, Velásquez-Mendoza, Velásquez-Mendoza, González-Romero y Cetina-Alcalá, 1998; Alvarado, De Bauer y Galindo, 1991; Savedra-Romero, Alvarado-Rosales, Vargas-Hernández y Hernández-Tejeda, 2003; Jiménez y Alanís, 2011; López-Feldman, 2012).

Debido a que estos factores se presentan a escalas temporales, el enfoque de investigación ecológica de largo plazo y el desarrollo de un plan de monitoreo forestal permanente son importantes (Franklin *et al.*, 2002; Gardner, 2012; Valles y Quiñones, 2004).

El monitoreo forestal a través del establecimiento y remediación de parcelas permanentes de investigación silvícola constituyen una fuente de información importante en

manejo e investigación forestal para estudiar la ecología y dinámica natural de las masas forestales y conocer los efectos del aprovechamiento de los bosques (García, 1994; Gadow, Rojo-Alboreca, Álvarez-González y Rodríguez Soalleiro, 1999; Kleinn y Morales, 2002).

Esta información permite conocer la dinámica de crecimiento de las poblaciones forestales con diferentes regímenes de manejo, caracterizar adecuadamente el ecosistema, predecir el incremento de los bosques y desarrollar técnicas de manejo sustentable (Manzanilla, 1980; Alder y Sinnott, 1992; Valles y Quiñones, 2004; Diéguez, 2009; Corral *et al.*, 2009); además de apoyar la toma de decisiones de los inversionistas en manejo de bosques o plantaciones forestales (Simula, 2001; Kleinn y Morales, 2002).

Con base en este contexto es imprescindible tener un amplio conocimiento de la estructura y la distribución de las diferentes especies forestales que están localizadas en el bosque (Cabrera, Motta y Ortiz, 2001; Gadow *et al.*, 2012; Gardner, 2012). Los índices de diversidad y estructura son herramientas que apoyan la toma de decisiones en el manejo de áreas boscosas donde se observan procesos de sucesión natural y efectos antropogénicos. Un adecuado conocimiento de estos índices permitirá el establecimiento de rodales tipo como norma de conducción de acciones de manejo (Albert, 1999; Aguirre *et al.*, 1998; Corral-Rivas, Aguirre, Jiménez y Corral., 2005; Wehenkel, Corral-Rivas y Gadow, 2014). Dichas áreas son especialmente importantes para conocer la estructura y el desarrollo de diferentes ecosistemas (Gadow *et al.*, 1999).

La biodiversidad contempla toda clase de variedad natural, diversidad de comunidades a nivel paisaje, entre comunidades y especies dentro de una misma comunidad (Del Río, Montes, Cañellas y Montero, 2003), por lo que la diversidad de especies es un aspecto muy importante para el manejo forestal y la conservación (Aguirre, Hui, Gadow y Jiménez, 2003; Motz, Sterba y Pommerening, 2010). Una mezcla de especies determina factores ambientales como el régimen de luz y la composición de la materia orgánica, controlando así una gran cantidad de factores bióticos y abióticos.



La estructura arbórea es un indicador adecuado de la biodiversidad (Solís *et al.*, 2006; Ozdemir *et al.*, 2012), por lo que los árboles son los elementos más relevantes de la estructura del ecosistema forestal (Del Río *et al.*, 2003) y la estructura arbórea sirve para evaluar el estatus de un ecosistema. Este último cambia fácilmente al aplicar tratamientos silvícolas, modificándose la estructura del bosque (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008; Motz, Sterba y Pommerening, 2010; Hernández, Aguirre, Alanís, Jiménez, González, 2013), lo que quiere decir que la estructura actual de un bosque es el resultado de procesos que han ocurrido en el pasado y que han determinado la composición de especies, su distribución espacial y la frecuencia de tamaño de individuos dentro de poblaciones (Smith, Larson, Kelty y Ashton, 1997; Oliver y Larson, 1996 y Pham, De Grandpré, Gauthier y Bergeron, 2004). La estructura del bosque y su dinámica, está ligada con su estabilidad ante factores bióticos y abióticos, por lo que evaluar esta variable es importante para el manejo del sistema y la generación de servicios directos e indirectos (Del Río *et al.*, 2003; Jardel, 2011).

La evaluación de masas forestales mediante indicadores de diversidad como la abundancia, dominancia y frecuencia de las especies, sirve para describir la relación de las especies de una población (Jiménez, Aguirre y Kramer, 2001; Neumann y Starlinger, 2001; Saravanan, Ravichandram, Balasubramanian y Paneerselvam, 2013; Hernández *et al.*, 2013). Estos indicadores se pueden determinar en diferentes ecosistemas forestales (Gavilán y Rubio, 2005).

Desde el punto de vista técnico, la gestión forestal requiere contar con información sobre la estructura, crecimiento, producción y regeneración natural, tanto de las especies de valor comercial, como de las que aún tienen un valor económico desconocido para detectar cambios en el estado de los mismos o para definir las prácticas que conduzcan a alcanzar un manejo sustentable (Aguirre, Corral, Vargas y Jiménez, 2008). Por ello el objetivo de este trabajo es evaluar la composición y diversidad de especies forestales en bosques templados en la zona este del estado de Puebla.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la zona este del estado de Puebla (Centro de México), en la región forestal Centro y Pico de Orizaba, perteneciente a la Unidad de Manejo Forestal con clave 2105 (Fig. 1).

La unidad de manejo forestal (Umafor 2105), se localiza al este del estado de Puebla colindando con el estado de Veracruz, al Norte con Teziutlán, al Sur con Tehuacán y al Oeste con Cholula y Tecamachalco. Para esta región existe variedad de climas, es la zona más fría del estado de Puebla, donde los fenómenos meteorológicos (heladas y granizadas) son frecuentes, la Umafor tiene una extensión total de 414 817.6 ha, es decir 12.28% de la superficie total del estado de Puebla; comprende 22 municipios, por su ubicación geográfica. Es una zona rica en biodiversidad, se tienen 7 ecosistemas forestales, predominando los de clima templado frío. El principal potencial es el aprovechamiento de recursos forestales maderables de clima templado frío, así como el aprovechamiento de especies no maderables como *Yucca periculosa*, *Nolina parviflora* y *Pinus cembroides*.

### Manejo Forestal (Sistemas silvícolas)

El aprovechamiento de los bosques templados en el estado de Puebla se ha realizado en dos directrices: la primera se refiere al sistema administrativo de manejo aplicado por las empresas concesionadas por el gobierno federal para extraer el potencial maderable de los bosques templados de la región. La segunda directriz es el esquema técnico implementado por estas empresas, que estuvo centrado en el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM), que fue establecido como norma para aprovechar los bosques templados no solo de la región sino de todo el país desde mediados de los años cuarenta (Cuanalo, Villa y Castro, 1987).

En las últimas décadas el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) han sido los métodos de ordenamientos forestal más utilizados. A continuación se des-

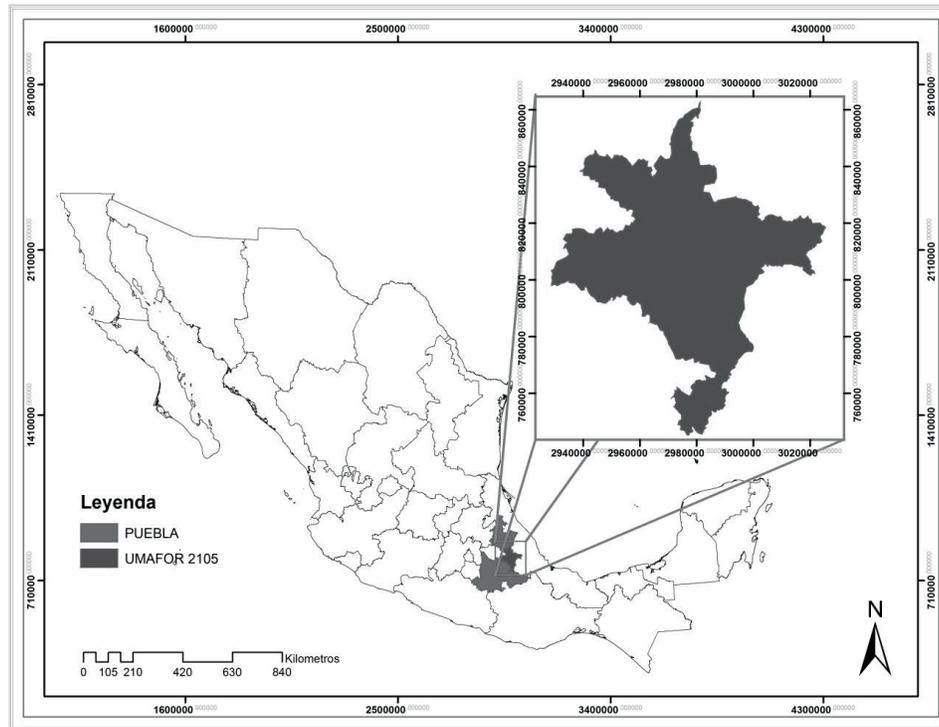


FIGURA 1. Localización del área de estudio que comprende la Umafor 2105, en el estado de Puebla (centro de México).

criben algunas de sus características: **MMOBI**: se utiliza en áreas donde factores como el topográfico y el de situaciones de protección ecológica especiales (áreas protegidas) son limitantes para la utilización de técnicas intensivas. Utiliza el Método de Selección, se cortan árboles de distintas edades y alturas, se da prioridad a los árboles viejos, deformes, plagados o cualquiera otra característica no deseable, esto con el fin de ir dejando el arbolado de mejores condiciones que permita aumentar la calidad del bosque ordenado. Se extraen árboles maduros, que proporcionan la mayoría de los productos comerciales, con el fin de mitigar competencia y propiciar condiciones de establecimiento de la regeneración y el desarrollo de los árboles más jóvenes con posibilidades de llegar a una corta final. Utiliza la estructura Meta Normal (Lio-court) para definir el arbolado a extraer, con base en la distribución de frecuencias de categorías diamétrica que conduzca o mantenga esa estructura meta. **MDS**: tiene como objetivo captar el máximo potencial productivo del suelo, mediante el uso de técnicas silvícolas adecuadas y

lograr un rendimiento sostenido (en volumen y en productos) por medio del concepto de bosque normal regular.

### Muestreo de la vegetación

El área de estudio está integrada por 45 sitios permanentes de investigación silvícola establecidos mediante una planeación estratégica (Kohl, Scoot y Zingg, 1995), donde se consideraron las condiciones ecológicas en que habitan las especies forestales, su distribución, las especies forestales más frecuentes, los tipos de exposición y las condiciones topográficas; así como las distintas clases de desarrollo de las especies. El centro del sitio se marcó en fotografías aéreas y se registraron coordenadas geográficas para facilitar su posterior localización.

Los sitios son de forma cuadrada de 50 m × 50 m con una parcela central de 30 m × 30 m y una franja de protección de 10 m en su perímetro. La parcela central se dividió en cuatro cuadrantes, los cuales se delimitan con estacas ubicadas en cada uno de los puntos cardinales. En la parcela central de los sitios de monitoreo (30 m × 30 m),



se midieron todas las especies arbóreas con diámetro a la altura del pecho mayor o igual 7.5 cm. A cada individuo se le realizaron mediciones dasométricas de altura total (h), diámetro normal 1.30 cm (DAP) y diámetro de copa (Valles y Quiñones, 2004).

### Análisis de la información

Se determinó la abundancia de cada especie en relación con el número de árboles, su cobertura, en función del área de copa y su frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo. Las variables evaluadas se utilizaron para obtener un valor ponderado denominado índice de valor de importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Para evaluar la contribución estructural de las especies en el área de estudio se utilizó la estimación de las siguientes variables estructurales: abundancia, cobertura, frecuencia e índice de valor de importancia. Estos cálculos se realizaron con las ecuaciones 1 y 2

$$A_i = \frac{N_i}{S} \quad (1)$$

$$AR_i = \left[ \frac{A_i}{\sum_{i=1...n} A_i} \right] \times 100 \quad (2)$$

Donde:

- $A_i$ : abundancia absoluta
- $AR_i$ : abundancia relativa de la especie  $i$  respecto a la abundancia total
- $N_i$ : número de individuos de la especie  $i$
- $S$ : superficie de muestreo (ha)

El área basal y la cobertura se evaluaron mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$D_i = \frac{Ab_i}{E} \quad (3)$$

$$DR_i = \left[ \frac{D_i}{\sum_{i=1...n} D_i} \right] \times 100 \quad (4)$$

Donde:

- $D_i$ : área de copa absoluta
- $DR_i$ : área de copa relativa de la especie  $i$  respecto al área de copa total
- $Ab$ : área de copa de la especie  $i$
- $E$ : superficie (ha)

La frecuencia relativa se obtuvo con la ecuación (6):

$$F_i = \frac{P_i}{NS} \quad (5)$$

$$FR_i = \left[ \frac{F_i}{\sum_{i=1...n} F_i} \right] \times 100 \quad (6)$$

Donde:

- $F_i$ : frecuencia absoluta
- $FR_i$ : frecuencia relativa de la especie  $i$  respecto a la suma de las frecuencias
- $P_i$ : número de sitios en el que está presente la especie  $i$
- $NS$ : número total de sitios de muestreo

El índice de valor de importancia (IVI) se define mediante la ecuación (7) (Moreno, 2001):

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3} \quad (7)$$

Para estimar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef y para la diversidad alfa el índice de Shannon-Wiener, mediante las ecuaciones (8) y (9) (Shannon, 1948; Magurran, 2004); este último es un logaritmo que describe la diversidad de especies independientes de la distancia. Con este índice se conoce la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Castellanos *et al.*, 2008):

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln(N)} \quad (8)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \times \ln(p_i) \quad (9)$$

$$p_i = n_i/N \quad (10)$$

Donde:

- $S$  : número de especies presentes  
 $N$  : número total de individuos  
 $n_i$  : número de individuos de la especie  $i$   
 $p_i$  : proporción de individuos de la especie  $i$

El índice de Shannon-Wiener es susceptible a la abundancia de especies de un ecosistema y sus valores representan la riqueza de especies detectadas por dicho índice.

## RESULTADOS

La base de datos estuvo conformada de 1586 árboles de todas las especies arbóreas presentes en los sitios con diámetro a la altura del pecho mayor o igual 7.5 cm. Se registraron 11 especies arbóreas en total, distribuidas en cinco géneros y dos familias (Tabla 1). La familia con mayor riqueza en especies fue *Pinaceae*, con seis especies: *A. religiosa*, *P. hartwegii*, *P. montezumae* (var. *Rudis*), *P. greggii*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis*. El género *Quercus* presenta valores bajos de densidad, área basal y área de copa.

## Abundancia

La densidad total muestra una superioridad en abundancia por el género *Pinus*, cuya densidad total es 362 árboles por hectárea, que representa 92% del total. La especie con mayor densidad fue *P. montezumae* con valor de 185 árboles por hectárea que representan un valor porcentual de 47.30%; sin embargo esta proporción es muy inferior a la encontrada por Navar y González (2009), para *P. cooperi*, la especie más abundante (97%) en un bosque templado del estado de Durango.

La figura 2 muestra la densidad de individuos por hectárea de acuerdo con las clases diamétricas registradas en el estudio. Se observa una línea de tendencia exponencial negativa en la densidad de individuos conforme aumentan sus diámetros, siendo la clase 7.5 cm - 17.5 cm de diámetro la que presentó mayor número de individuos (134 ind./ha).

## Dominancia

La dominancia del género *Pinus* es sobresaliente, en comparación con los géneros *Alnus* y *Quercus*, presentando un intervalo de variación significativo en área basal. El

TABLA 1. Nombre científico, nombre común, orden, familia y género de las especies presentes en el área de estudio (ordenados por familias).

Nombre científico	Nombre común	Orden	Familia
<i>Abies religiosa</i> (Kunth)	Oyamel	Pinales	Pinaceae
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindley)	Ocote blanco	Pinales	Pinaceae
<i>Pinus montezumae</i> (var. <i>Rudis</i> )	Ocote	Pinales	Pinaceae
<i>Pinus greggii</i> (engelmann)	Pino prieto	Pinales	Pinaceae
<i>Pinus pseudostrobus</i> (Lindley)	Chamite	Pinales	Pinaceae
<i>Pinus rudis</i> Endl.	Pino	Pinales	Pinaceae
<i>Quercus glabrescens</i> Benth.	Encino	Fagales	Fagaceae
<i>Quercus laurina</i> Humb.	Encino blanco	Fagales	Fagaceae
<i>Alnus jorulensis</i>	Aile	Fagales	Betuláceas
<i>Juniperus monticola</i>	Sabino de castilla	Coniferales	Cupressaceae
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cedro blanco	Pinales	Cupressaceae

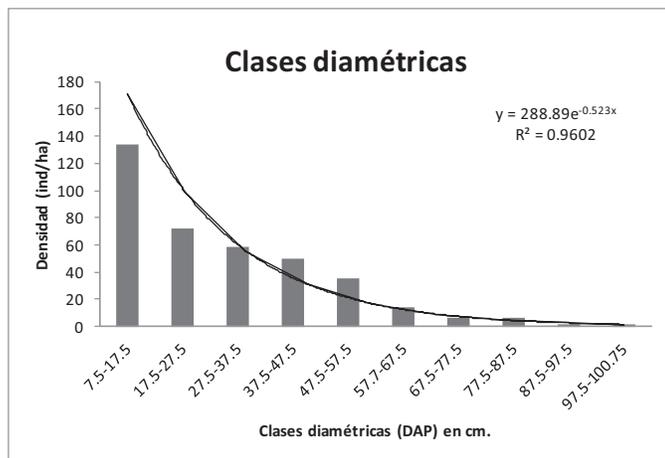


FIGURA 2. Densidad de individuos por hectárea de acuerdo con clases diamétricas en el área de estudio.

valor máximo corresponde a: *P. montezumae* que representa 43.71% del área total, seguido por *A. religiosa* y *P. hartwegii* con valores porcentuales de 38.20% y 9.98%, respectivamente. Los valores más bajos de esta variable se observaron en *Q. glabrescens* (0.36 m<sup>2</sup>/ha), *P. greggii* (0.02 m<sup>2</sup>/ha) y *Juniperus monticola* (0.08 m<sup>2</sup>/ha).

### Área de copa

La cobertura foliar fue de 8463 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, lo que indica una cobertura de 84%. La especie que presentó mayor cobertura fue *P. montezumae* con 4160 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, que representa 49.17% del total de la cobertura foliar del área. Las especies que le siguieron fueron *A. religiosa* y *P. greggii* con 29.7% y 11.3%, respectivamente.

### Frecuencia

El género *Pinus* estuvo presente en las 45 parcelas de monitoreo que conforman el presente estudio, *P. rudis* y *Juniperus monticola*, fueron los menos frecuentes con valores de 1.27% seguido por *P. greggii* y *Q. glabrescens*, ambos con 2.53%. La especie con mayor frecuencia fue *P. montezumae* con un valor de 35.44% (Tabla 2). La inequidad de frecuencias de *Juniperus* y *Quercus* es consecuencia del aprovechamiento forestal, que favorece a las especies comerciales de mayor valor económico (Blaser y Sabogal, 2011).

### Índice de valor de importancia (IVI)

El índice de valor de importancia permite comparar el peso ecológico de las especies dentro de la comunidad

TABLA 2. Densidad, dominancia, frecuencia e Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies presentes en bosque templado del estado de Puebla (ordenados de manera descendente de acuerdo con su IVI).

Nombre científico	Densidad		Área Basal		Área de Copa		Frecuencia	IVI	
	n/ha	%	m <sup>2</sup> /ha	%	m <sup>2</sup> /ha	%			
<i>Pinus montezumae</i>	185	47.30	64.97	43.71	4160.8	49.17	28	35.44	42.20
<i>Abies religiosa</i>	129	33.01	56.78	38.20	2513.1	29.70	13	16.46	29.20
<i>Pinus hartwegii</i>	33	8.44	14.84	9.98	957.96	11.32	6	7.59	8.67
<i>Alnus jorulensis</i>	14	3.65	5.90	3.97	268.55	3.17	12	15.19	7.60
<i>Pinus pseudostrabus</i>	9	2.39	2.98	2.00	199.14	2.35	5	6.33	3.58
<i>Cupressus lusitanica</i>	6	1.57	1.17	0.79	120.64	1.43	6	7.59	3.32
<i>Quercus laurina</i>	5	1.26	0.57	0.38	101.39	1.20	3	3.8	1.81
<i>Quercus glabrescens</i>	3	0.76	0.36	0.24	39.96	0.47	2	2.53	1.18
<i>Pinus rudis</i>	4	1.07	0.98	0.66	82.40	0.97	1	1.27	1.00
<i>Pinus greggii</i>	0	0.13	0.02	0.02	2.89	0.03	2	2.53	0.89
<i>Juniperus monticola</i>	1	0.31	0.08	0.05	15.93	0.19	1	1.27	0.54
	389	100	148.65	100	8463	100	79	100	100

vegetal. El género *Pinus* obtuvo 85.5% del IVI. Las especies con mayor valor de importancia en el estudio fueron *P. montezumae* con 42.15%, seguido de *A. religiosa* con 29.22% y *P. hartwegii* con 8.67%. La especie que presentó el menor valor de importancia ecológica fue *Juniperus monticola* 0.54 (Tabla 2).

### Diversidad

La diversidad de especies fue estimada mediante el índice de Margalef y el índice de Shannon-Wiener, los cuales arrojaron valores de 1.35 y de 1.37 respectivamente. Obteniéndose como resultados para este estudio una riqueza específica de 11 especies. Destaca la familia de las *Pinaceas* por su riqueza de especies, lo que significa mayor dominancia estructural y un nivel de competitividad mayor. La especie más importante dentro de este género fue *P. montezumae*. El resto de las especies presentes en el área de estudio y con presencia alterna en los 45 sitios de muestreo presentaron un índice de valor de importancia bajo.

### DISCUSIÓN

Las características estructurales y de composición de un bosque natural son las principales variables que se deben tomar en cuenta en el manejo de los recursos forestales, con el fin de realizar un aprovechamiento sustentable del recurso. Los resultados obtenidos del análisis de datos de este estudio muestran una alta abundancia y una baja frecuencia, lo que refiere a un ecosistema con estructura heterogénea. Estas son características de especies con tendencias a la conglomeración local en manchones y pequeños grupos bastante distantes unos de otros. Esta situación es el resultado del manejo de bosques irregulares mediante el desarrollo de sistemas de selección de árboles individuales que tienden a favorecer un número reducido de especies (Gavilán y Rubio, 2005).

Gadow, Sánchez y Álvarez (2007) explican que la mayoría de los bosques naturales del mundo no se constituyen por árboles de una misma clase de edad, además de que su distribución y tamaño no es uniforme. Por el contrario un alto porcentaje de bosques está constituido por varios estratos de árboles en los que se distinguen indivi-

duos dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos, de formas y tamaños diferentes e incluso de varias especies (mezclados) y cuyo tamaño y distribución depende, entre otras cosas, del ritmo de crecimiento de la especie y de su tolerancia a la sombra.

### Abundancia

Las masas forestales del presente estudio presentan una densidad de muestra total superior en abundancia para el género *Pinus*. Lo anterior concuerda con lo documentado por Hernández *et al.* (2013), quienes mencionan que el género *Pinus* es el más abundante en el ejido El Largo, Chihuahua. Las especies de mayor abundancia son *P. arizonica* y *P. durangensis*. De acuerdo con los resultados del presente estudio se observa una alta densidad de individuos en las clases diamétricas menores, mostrando que, al retirar los árboles del dosel mayor, la regeneración se establece formando un nuevo piso forestal; este hecho obedece a la estructura del rodal o el efecto de los tratamientos silvícolas realizados (Álvarez, Schröder, Rodríguez y Ruiz, 2002).

La distribución de los diámetros para este estudio tiene una distribución con asimetría hacia la izquierda, presentando una estructura de J invertida, con la mayor cantidad de individuos en las categorías diamétricas menores, disminuyendo el número de árboles a medida que aumenta la categoría diamétrica. Lo anterior se corrobora al observar un pequeño número de individuos (6 ind/ha) con diámetros mayores de 77.5 cm. Otros estudios con resultados similares se han realizado en bosques mesófilos de montaña en Jalisco, con mayor número de individuos en las primeras etapas de desarrollo (Sánchez-Rodríguez, López Mata, García-Moya y Cuevas-Guzmán, 2003); en bosques de selección individual (Ramírez, 2006) y selección en fajas (Vázquez, 2013). Por su parte Ajbilou, Marañón y Arroyo (2003), en un bosque de pino en Marrueco, observaron una distribución con simetría positiva, similar a la distribución que se encontró en el área de estudio.

Esto se debe a que al abrir claros en el rodal, el tamaño y las condiciones de tolerancia varían según las especies encontradas en el sitio; en este caso los pinos, que



son especies que demandan más luz, propician la regeneración natural en los estratos inferiores -cabe especificar que esto solo sucede en bosques bajo manejo-. Se concluye que el requerimiento de luz de las especies forestales para crecer es un factor que influye significativamente en el comportamiento de la estructura del bosque templado y que este requerimiento difiere de un bosque a otro según la etapa de desarrollo en que se encuentre.

### Dominancia

Los valores de área basal obtenidos en el presente estudio varían de 64.97m<sup>2</sup>/ha a 0.02 m<sup>2</sup>/ha. Esta variación en área basal es producto del desarrollo de la masa y las interacciones silvícolas necesarias para evitar el empobrecimiento relativo de especies comerciales y asegurar el valor futuro del bosque (Blaser and Sabogal 2011). Con base en datos presentados en diversos trabajos se observa que el área basal en bosques templados es mayor que en bosques tropicales secos (Camacho, Trejo y Bonfil, 2006; Santiago-Pérez, Jardel-Peláez, Cuevas-Guzmán y Huerta-Martínez, 2009; Zacarías-Eslava, Cornejo-Tenorio, Cortés-Flores, González-Castañeda e Ibarra-Manríquez, 2011).

### Índice de valor de importancia

El índice de valor de importancia (IVI), es un valor ponderado de la estructura de un bosque que se obtiene del estudio de variables estructurales como abundancia, dominancia, cobertura y frecuencia. Este índice se utilizó para jerarquizar la dominancia de cada especie presente en los sitios de estudio. Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con lo observado por Alanís-Rodríguez *et al.* (2011), Hernández *et al.* (2013) y Vázquez (2013), quienes encontraron valores de IVI superiores a 80% para pino y menores de 50% para encino. Bautista-Sampayo (2013) encontró la especie *Abies religiosa* con mayor peso ecológico (IVI). Según lo hallado por Ávila y López (2001); Cuevas-Guzmán *et al.* (2011); Encina-Domínguez, Encina-Domínguez, Mata-Rocha y Valdés-Reyna (2008), consideran que las actividades que causan más deterioro en el bosque son la extracción de madera y el pastoreo, los cuales pueden cambiar la estructura y el desarrollo de estos bosques.

### Diversidad

La diversidad de especies son características que reflejan la estructura y caracterizan a una comunidad de otra por lo que también se le da el nombre de heterogeneidad de especies. Por tal motivo la diversidad de especies es un aspecto muy importante que debe considerarse dentro del manejo forestal sostenible (Bautista-Sampayo, 2013).

Los datos obtenidos a través del índice de Shannon-Wiener, muestran el efecto del manejo en la diversidad de especies en los 45 sitios muestreados. Existe una riqueza específica de once especies. Resultados similares fueron encontrados por Hernández *et al.* (2013) en bosque templado de pino-encino en Chihuahua; Návar y González (2009) y Solís *et al.* (2006) en bosques de Durango. Onaindia, Domínguez, Albizu, Garnisu y Amezaga (2004) encontraron que en bosques con poca perturbación y mayor edad, generalmente presentan alta diversidad de árboles y especies arbustivas. Peña (2003) observó que la altura y el área basal de los árboles y la diversidad de especies están relacionadas con la edad del rodal, aunque la diversidad muestra una variación que depende del estado del bosque estudiado. Lähde, Laiho, Norokorpi y Saksa (1999) proponen la diversidad como una herramienta para evaluar la estabilidad del bosque, lo anterior se admite al observar los resultados obtenidos por Ishii, Tanabe y Hiura (2004), quienes evidenciaron que la simplificación de la estructura arbórea disminuyó las funciones del ecosistema y la complejidad estructural aumentó la productividad y biodiversidad.

### CONCLUSIONES

La presente investigación pone de manifiesto que las especies con mayor contribución estructural en el presente estudio son *P. montezumae*, *A. religiosa* y *P. hartwegii*. Destacando *P. montezumae* al ocupar mayor área basal, registrar el mayor número de árboles por unidad de superficie y mayor frecuencia en los 45 sitios de muestreo. Lo anterior significa mayor dominancia estructural y un nivel de competitividad mayor dentro de la comunidad.

Los valores de riqueza y diversidad encontrados son relativamente bajos en comparación con otros bosques de

coníferas en México. Se observa que siete de las especies presentes en el área de estudio se distribuyen de forma alterna en los 45 sitios de muestreo por lo que presentan índices de valor de importancia menores de 7%. Esto significa que, a pesar de existir un número razonable de especies, en la mayoría de los casos se trata de árboles en cantidades mínimas, de pequeñas dimensiones y distribuidos esporádicamente.

La investigación a través de información obtenida del establecimiento y remediación de sitios permanentes de investigación silvícola, permite generar las herramientas y bases científicas que expliquen el proceso de desarrollo en rodales forestales como son la complejidad, la estructura y procesos de desarrollo, que conjuntamente con las bases de datos de otros estudios afines, permiten comprender el funcionamiento de los ecosistemas forestales y apoyar la toma de decisiones silvícolas, para el buen manejo de los recursos forestales.

Los resultados obtenidos del presente estudio servirán para tener una referencia de los cambios que experimenta el bosque a través del tiempo y desarrollar índices de sustentabilidad aplicados al manejo forestal en la región bajo estudio.

## RECONOCIMIENTOS

Se agradece a la gerencia estatal Conafor Puebla por su apoyo financiero para el establecimiento de las parcelas permanentes de investigación silvícola (SPIS).

## REFERENCIAS

- Aguirre, O., Kramer, H. y Jiménez, J. (1998). Strukturuntersuchungen in einen Kiefern-Durchforstungsversuch Nordmexikos. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 168 (12), 213-219.
- Aguirre, O., Corral, J. J., Vargas, B., y Jiménez, J. (2008). Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (3), 281-289.
- Aguirre, O., Hui, G., Gadow, K. y Jiménez, J. (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
- Ajbilou, R., Marañón, T. y Arroyo, J. (2003). Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 12 (2), 111-123.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, O. A. y Treviño-Garza, E. J. (2011). Caracterización de la 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. doi:10.5154/r.rchscfa.2010.05032
- Albert, M. 1999. *Analyse der eingriffsbedingten Strukturveränderung und Durchforstungsmodellierung in Mischbeständen*. Disertación doctoral no publicada. Univ. Göttingen. Hainholz Verlag, Alemania.
- Alder, D. y Synnott, T. J. (1992). *Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest*. Oxford Forestry Institute Paper. Serie: Tropical Forestry Papers, no. 25. Oxford: Oxford Forestry Institute.
- Alvarado, D., De Bauer, L. y Galindo, J. A. (1991). Declinación y muerte de bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Valle de México. *Agrociencia. Serie Recursos Naturales Renovables*, 3, 123-143.
- Álvarez, J. G., Schröder, J., Rodríguez, R. y Ruiz, A. D. (2002). Modelling the effects of thinnings on the diameter distribution of even-aged Maritime pine stands. *Forest Ecology and Management*, 165, 57-65.
- Ávila, C. H. y López, L. (2001). Distribución y análisis estructural de *Abies hickelii* (flous & gausson) en México. *Inter-ciencia*, 26 (6), 244-251.
- Bautista-Sampayo, C. (2013). *Estructura del bosque y arquitectura de brinzales de Abies religiosa en Tlaxco, Tlaxcala*. Tesis de Maestría no publicada. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.
- Blaser, J. y Sabogal, C. (2011). *Directrices revisadas de la OIMT para la ordenación sustentable de los bosques tropicales naturales*. (Informe completo). Yokohama, Japón: OIMT.
- Cabrera, J., Motta, M. T. y Ortíz, R. (2001). *Tendencias del mercado forestal y cálculo de rentabilidad: herramientas claves para el establecimiento de plantaciones forestales productivas*. Quito, Ecuador: OIMT-Cormadera.



- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Musálem-Santiago, M., y López-Aguillón, R. (2008). Estructura de bosques de *Pinus patula* bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14 (2), 51-63.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México; pasado, presente y futuro*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Camacho, R., Trejo, F. I. y Bonfil, C. (2006). Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78, 17-31.
- Comisión Nacional Forestal. (2012). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos, informe del 2004-2009* (1a. ed). Zapopan, Jalisco, México: Conafor.
- Corral-Rivas, J., Aguirre, O., Jiménez, J. y Corral, S. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el Bosque Mesófilo de Montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. *Investigaciones Agrarias: Sistemas de Recursos Forestales*, 14 (2), 217-228.
- Corral-Rivas, J., Vargas, B., Wehenkel, C. H., Aguirre, O., Álvarez, G. J. y Rojo, A. (2009). *Guía para el establecimiento de sitios de investigación forestal y de suelos en bosques del estado de Durango* (1a. ed). Durango, Dgo.: Editorial de la Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Cuanalo de la C., J., Villa, S. A. y Castro, R.A. (1987). *Cuarenta años de Administración Técnica en la Unidad Industrial de Explotación Forestal de San Rafael* (1947-1987). Boletín No. 13. San Rafael, México: UIEF de San Rafael.
- Cuevas-Guzmán, R., Cisneros-Lepe, E. A., Jardel-Peláez, E. J., Sánchez-Rodríguez, E. V., Guzmán-Hernández, L., Núñez-López, N. M. y Rodríguez-Guerrero, C. (2011). Análisis estructural y de diversidad en los bosques de *Abies* de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1219-1233.
- Daily, G. C. (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Nueva York, EUA: Island Press.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I. y Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigaciones Agrarias: Sistemas de Recursos Forestales*, 12 (1), 159-176. doi:10.5424/795
- Diéguez-Aranda, U., Rojo-Alboreca, A., Castedo-Dorado, F., Álvarez González, J. G., Barrio-Anta, M., Crecente-Campo, F., González-González, J. M., Pérez-Cruzado, C., Rodríguez-Soalleiro, R., López-Sánchez, C. A., Balboa-Murias, M. A., Gorgoso-Varela, J. J. y Sánchez-Rodríguez, F. (2009). *Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia*. Santiago de Compostela, España: Xunta de Galicia.
- Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez, F. J., Mata-Rocha, E. y Valdés-Reyna, J. (2008). Aspectos estructurales composición florística y caracterización ecológica del bosque de *oyamel* de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 83, 13-24.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2005). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005*. Roma, Italia: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011. *Situación de los bosques del mundo 2011*. Roma. [www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s00.htm](http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s00.htm).
- Franklin, J. F., Spies, T. A., Van Pelt, R., Carey, A. B., Thornburgh, D. A., Berg, D. R., y Bible, K. (2002). Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management*, 155 (1), 399-423.
- Gavilán, R. G., y Rubio, A. (2005). ¿Pueden los índices de diversidad biológica ser aplicados como parámetros técnicos de la gestión forestal?. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 20, 93-98.
- Gadow, K. V., Rojo-Alboreca, A., Álvarez-González J. G. y Rodríguez Soalleiro, R. (1999). Ensayos de crecimiento. Parcelas permanentes, temporales y de intervalo. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 1, 229-310.
- Gadow, K. V., Sánchez, O. S. y Álvarez, J. G. (2007). *Estructura y Crecimiento del Bosque*. Göttingen, Alemania: Universidad de Göttingen.
- Gadow, K. V., Zhang, C. Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., Myklush, S., Ying, G.,

- Kiviste, A. y Zhao, X. H. (2012). Forest structure and diversity. En T. Pukkala y K. von Gadow (Eds.). *Continuous Cover Forestry* (pp. 29-83). Netherlands: Springer.
- García, O. (1994). *Minimum data for forest plantation management*. En: García, O., Martínez Millán, F.J. 1998. Seminario sobre modelos de crecimiento. Universidad Politécnica de Madrid.
- Gardner, T. (2012). *Monitoring forest biodiversity: improving conservation through ecologically - responsible management*. Routledge.
- Granados, S. D., López R., G. F. y Hernández G., M. A. (2007). Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13 (1):67-83.
- Hartshorn, G. S. (1980). Neotropical forest dynamics. *Biotropica*, 12, 23-30.
- Hernández, J., Aguirre, O., Alanís, E., Jiménez, J., González, M. A. (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.
- Ishii, H. T., Tanabe, S. y Hiura, T. (2004). Exploring the relationships among canopy structure, stand productivity, and biodiversity of temperate forest ecosystems. *Forest Science*, 50 (3), 342-355.
- Jardel, E. J. (2011). *El manejo forestal en México: conceptos básicos, antecedentes, estado actual y perspectivas*. Recuperado de [http://era-mx.org/Estudios\\_y\\_proyectos/Estudios/Edo\\_Bosques/Libro\\_2011/2\\_Jardel\\_Manejo\\_3.doc](http://era-mx.org/Estudios_y_proyectos/Estudios/Edo_Bosques/Libro_2011/2_Jardel_Manejo_3.doc).
- Jiménez, J., Aguirre, O. y Kramer, H. (2001). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 10 (2), 355-366. doi:10.5424/729
- Jiménez, J. y Alanís, E. (2011). Análisis de la frecuencia de los incendios forestales en la Sierra Madre Oriental y Occidental del norte de México y sur de Estados Unidos de América. *Ciencia UANL*, 14 (3), 255-263.
- Kohl, M., Scoott, C. T. y Zingg, A. (1995). Evaluation of permanent sample surveys for growth and yield studies: a Swiss example. *Forest Ecology and Management*, 71, 187-194.
- Kleinn, C. y Morales, D. (2002). Consideraciones metodológicas al establecer parcelas permanentes de observación en bosques naturales o en plantaciones forestales. *Revista Forestal Centroamericana*, (39-40), 9-12.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. y Saksala, T. (1999). Stand structure as the basis of diversity index. *Forest Ecology and Management*, 115, 213-220.
- López-Feldman, A. (2012). Deforestation in México: A preliminary analysis. University Library of Munich, Germany.
- López-López, M. A., Velásquez-Mendoza, J., Velásquez-Mendoza, A., González-Romero, V. y Cetina-Alcalá, V. M. (1998). Estado nutricional de *Abies religiosa* en una área con problemas de contaminación ambiental. *Agrociencia Serie Recursos Naturales Renovables*, 1, 53-59.
- Manzanilla, B. H. (1980). *Los sitios permanentes de investigación silvícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF)*. Inédito. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. 68 pp.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, UK: Blackwell Science.
- Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis SEA.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: Bolfor.
- Motz, K., Sterba, H. y Pommerening, A. (2010). Sampling measures of tree diversity. *Forest Ecology and Management*, 260 (11), 1985-1996.
- Návar, J. J. y González, G. S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, (27), 71-87. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/621/62111396005.pdf>
- Neumann, M. y Starlinger, F. (2001). The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest Ecology and Management*, 145 (1), 91-106. doi:10.1016/S0378-1127(00)00577-6
- Onaindia, M., Domínguez, I., Albizu, I., Garbisu, C. y Amezáiga, I. (2004). Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance. *Forest Ecology and Management*, 195, 341-354.



- Ozdemir, I., Ozkan, K., Mert, A., Ozkan, U. Y., Senturk, O. y Alkan, O. (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) (Acceso el 11 de febrero de 2014).
- Oliver, C.D. y Larson, B.C. (1996). *Forest Stand Dynamics*. Nueva York, EUA: John Wiley & Sons.
- Peña, C. (2003). Changes in forest structure and species composition during secondary forest succession in the Bolivian Amazon. *Biotropica*, 35, 450-461.
- Pham, A. T., De Grandpré, L., Gauthier S. y Bergeron, Y. (2004). Gap dynamics and replacement patterns in gaps of the northeastern boreal forest of Quebec. *Canadian Journal Forest Research*, 34, 353-364.
- Ramírez, S. R. (2006). *Efecto de la aplicación de dos métodos de regeneración sobre la estructura, diversidad y composición de un bosque de pino encino en la Sierra Juárez de Oaxaca, México*. Tesis de maestría no publicada, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sánchez-Rodríguez, E. V., López Mata, L., García-Moya E. y Cuevas-Guzmán R. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque Mesófilo de Montaña en la sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 73, 17-34.
- Santiago-Pérez, A. L., Jardel-Peláez, E. J., Cuevas-Guzmán, R., Huerta-Martínez, F. M. (2009). Vegetación de bordes en un bosque mesófilo de montaña del occidente de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 85, 31-49.
- Saravanan, S., Ravichandran, K., Balasubramanian, A. y Paneerselvam, K. (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.
- Savedra-Romero, L., Alvarado-Rosales, D., Vargas-Hernández, J. y Hernández-Tejeda, T. (2003). Análisis de la precipitación pluvial en bosques de *Abies religiosa* (HBK.) Schlecht. et Cham., en el sur de la ciudad de México. *Agrociencia serie Recursos Naturales Renovables*, 1, 57-64.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Anuario estadístico de la producción forestal 2009*. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/forestalsuelos/Anuarios/>
- Shannon, C. E. y Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Champaign, IL: University of Illinois Press.
- Simula, M. (2001). *Comercio y medio ambiente en la producción forestal*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Smith, D. M., Larson, B. C., Kelty, M. J. y Ashton, P. M. S. (1997). *The practice of silviculture: applied forest ecology* (9a. ed). Nueva York, EUA: John Wiley & Sons.
- Solís, M. R., Aguirre, O., Treviño, E. J., Jiménez, J., Jurado, E. y Corral, R. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12 (2), 49-64.
- Valles, A. G. y Quiñones, C. A. (2004). *Manual para el establecimiento de sitios permanentes de investigación silvícola (SPIS) en bosques naturales*. Folleto Científico Núm. 22. Cevag – Inifap. Sagarpa.
- Vázquez, V. F. (2013). *Estructura composición y diversidad arbórea en área de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca*. Tesis de licenciatura no publicada. Universidad Nacional de la Sierra Juárez, Oaxaca, México.
- Wehenkel, C., Corral-Rivas, J. J. y Gadow, K. V. (2014). Quantifying differences between ecosystems with particular reference to selection forests in Durango / Mexico. *Forest Ecology and Management*, 316, 117-124.
- Zacarias-Eslava, L. E., Cornejo-Tenorio, G., Cortés-Flores, J., González-Castañeda, N. e Ibarra-Manríquez, G. (2011). Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 854-869.

Manuscrito recibido el 10 de octubre de 2014.  
Aceptado el 11 de diciembre de 2016.

Este documento se debe citar como:  
López-Hernández, J.A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monárrez-Gonzalez, J. C., González-Tagle, M. A. y Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39-51. doi:10.21829/myb.2017.2311518