



# Diversidad y distribución vertical de especies

## vegetales mediante el índice de Pretzsch

ERNESTO ALONSO RUBIO CAMACHO\*, \*\*, MARCO A. GONZÁLEZ TAGLE\*, JAVIER JIMÉNEZ PÉREZ\*,  
EDUARDO ALANÍS RODRÍGUEZ\*, DIANA Y. ÁVILA FLORES\*

Los bosques de pino-encino constituyen una de las comunidades más representativas de las zonas templadas de México. Como muchos de los ecosistemas terrestres, el bosque de pino-encino está siendo fuertemente degradado y deforestado.<sup>1</sup> Por un lado, se tiene la fuerte presión a causa del aprovechamiento excesivo de los recursos naturales; y por otro, la modificación del régimen natural de incendios forestales.<sup>2-4</sup> Debido a esto, es necesario generar conocimiento que contribuya al entendimiento de la dinámica de estos ecosistemas.

Un aspecto importante para el entendimiento de la dinámica de los ecosistemas es caracterizar la diversidad arbórea en diferentes etapas sucesionales.

Ante un evento de perturbación en los bosques, como un incendio, se abren claros que permiten la entrada de luz, facilitando el establecimiento y regeneración de especies.<sup>5</sup> Después del establecimiento, empieza la competencia por los recursos bióticos, las especies que llegan a las etapas maduras en mayor número, porcentaje de ocupación y cobertura, son las que tienden a dominar el área, hasta que la presencia de un nuevo evento de perturbación las elimina.<sup>6,7</sup>

\*Universidad Autónoma de Nuevo León, FCF.

\*\* INIFAP-CIRPAC, C.E. Centro Altos.

Contacto: [rubio.ernesto@inifap.gob.mx](mailto:rubio.ernesto@inifap.gob.mx)

En el presente estudio se adecuó la metodología del índice de Pretzsch (2009),<sup>8</sup> la cual utiliza diferentes zonas de altura para la detección de cambios en la diversidad arbórea en los diferentes estratos del bosque, con el objetivo de aportar información básica sobre la dinámica del rodal.

En la presente investigación, se muestrearon dos parcelas con condiciones fisiográficas similares, pero con diferente evidencia en la presencia histórica de incendios. En la primera parcela se presentan restos de carbón en la corteza de los árboles maduros, es decir, una parcela tiene un mayor tiempo con la ausencia de fuego. La hipótesis planteada es que los estratos de ambas parcelas presentarán una composición y diversidad de especies arbóreas distintas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el área del Campus Ecológico Iturbide (CEI) de la Universidad Autónoma de Nuevo León. El CEI, ubicado a 15 km sureste del municipio de Iturbide en el estado de Nuevo León, México, entre las coordenadas 24°42'N, y los 99°51'W,<sup>9</sup> cubre una superficie aproximada de 1035 ha, con un rango altitudinal de entre los 1200 y los 1890 m. (figura 1).

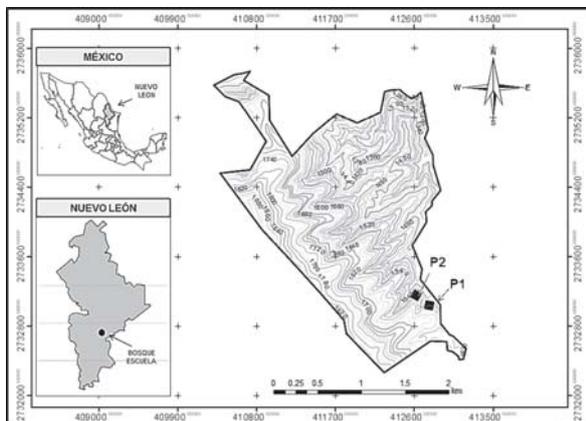


Fig. 1. Ubicación del Campus Ecológico Iturbide, Nuevo León. P-1 área con incendio, P-2 área sin incendio evidente.

## Parcelas de muestreo

La elección de las parcelas de muestreo se realizó con base en la presencia de incendios (restos de carbón en los árboles), condiciones topográficas (exposición, pendiente y tipo de suelo), vegetación e historia de uso del suelo. Se seleccionaron dos parcelas de muestreo, una con evidencias de incendios (restos de carbón en la corteza de árboles maduros) denominada “P-1” y otra sin evidencia, denominada “P-2”.

Cada una de las parcelas consta de una superficie de 1 ha, con diseño cuadrangular de 100 x 100 m, cada parcela contiene 25 subparcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m), donde se realizó un inventario del arbolado.

## MUESTREO DEL ARBOLADO

El arbolado se midió en las subparcelas de 400 m<sup>2</sup>, ubicando el punto central de cada una de éstas, y se registraron los datos de azimut con respecto al centro, especie, diámetro y altura.

## Índice A de Pretzsch

El índice *A* es una modificación del índice Shannon,<sup>8,10</sup> en que tres estratos son representados de acuerdo a la altura máxima registrada. El estrato I comprende las alturas con un rango de 80 a 100%, donde el árbol más alto constituye 100%, y a partir del cual se definen las proporciones de los árboles subsiguientes; el estrato II comprende las alturas con 50%-80% de la altura total registrada, y el estrato III va de 0 a 50%<sup>8,10</sup> (figura 2). Del índice *A* se derivan el *A<sub>max</sub>*, que corresponde al valor máximo de *A*, dado por el número de especies y zonas de altura; y el *A<sub>rel</sub>*, que es la estandarización en por ciento del índice *A* (tabla I).

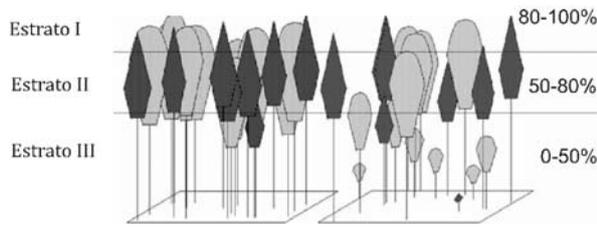


Fig. 2. Clasificación para el análisis de la distribución vertical de especies. Tomado de Pretzsch (2009).

Tabla I. Fórmula del índice de Pretzsch.

Índice/ecuación	Descripción
<b>Índice (A) de Pretzsch</b>	<b>Donde</b>
$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} * \ln p_{ij}$	S es el número de especies presentes.
$A_{max} = \ln(S * Z)$	Z el número de estratos de altura.
$A_{rel} = \frac{A}{\ln(S * Z)} * 100$	$p_{ij}$ el porcentaje de especies en cada zona, y se estima mediante la siguiente ecuación $p_{ij} = n_{i,j} / N$ : Donde $n_{i,j}$ = número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j) y N= número total de individuos.

Para cada uno de los tres estratos de altura se determinaron los índices de importancia ecológica de las especies (IVI), diversidad y composición de especies, además de los parámetros medios de altura y diámetro del arbolado.

**Importancia ecológica de las especies.** Para determinar los valores de importancia de las especies se utilizaron los parámetros de abundancia con base en el número de árboles por hectárea (N/ha), dominancia con respecto al área basal (G m<sup>2</sup>/ha) y frecuencia, como el número de individuos por especie por subparcela,<sup>11</sup> cuyo valor relativo se calcula con el índice de valor de importancia (IVI<sub>rel</sub>).

**Diversidad de especies.** Se estimó a partir del índice de Shannon-Weiner (*H'*),<sup>12</sup> tomando en cuenta los parámetros de entropía (*H'*) y la diversidad en número de especies efectivas (*D*), que permite tener una interpretación fácilmente comparable de la magnitud de los datos.<sup>13,14</sup> para determinar las diferencias con el índice (*H'*) entre las zonas de altura y parcelas, se utilizó la prueba de *t* modificada por Hutcheson.<sup>15</sup>

**Comparación entre parcelas.** Para comparar la composición de especies entre parcelas y entre estratos, se calculó el índice de Sorensen para la similitud.<sup>11</sup>

## RESULTADOS

En P-1 se registraron nueve familias, 12 géneros y 14 especies. Las familias *Fagaceae* y *Fabaceae* presentaron más especies con cuatro y tres, respectivamente. Para P-2 se registraron seis familias, siete géneros y nueve especies, las familias que presentaron mayor número de especies son *Fagaceae* y *Fabaceae* con 3 y 2 especies, respectivamente (tabla II).

Tabla II. Listado de especies arbóreas en el área de estudio.

Familia	Género y especie	Autor	Parcela
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	Kunth	1 y 2
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i>	Schltl.	1 y 2
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Lindl.	1 y 2
Fagaceae	<i>Quercus canbyi</i>	Trel.	1 y 2
Fagaceae	<i>Quercus polymorpha</i>	Schltl. & Cham.	1 y 2
Fagaceae	<i>Quercus rysophylla</i>	Weath.	1 y 2
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i>	Lindh. ex A. Gray	1 y 2
Fabaceae	<i>Acacia coulteri</i>	Benth.	1
Rosaceae	<i>Amelanchier denticulata</i>	(Kunth) K. Koch	1
Juglandaceae	<i>Carya myristiciformis</i>	(F. Michx.) Nutt.	1
Fabaceae	<i>Mimosa texana</i>	(A. Gray) Small	1
Fabaceae	<i>Prosopis laevigata</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.	1
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Ehrh.	1
Fagaceae	<i>Quercus laceyi</i>	Small	1
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	(L.) Willd.	2
Fabaceae	<i>Cercis canadensis</i>	L.	2

## ÍNDICE A DE PRETZSCH

**P-1.** El resultado del índice *A* es de 2.01 con un *Amax* de 3.74 y un *Arel* de 54%. Lo que indica que la distribución de las especies en los estratos de altura se encuentra en 46% de la máxima diferenciación dimensional, lo cual se presenta cuando el número total de individuos se encuentra equitativamente distribuido entre estratos y especies, es decir, el rodal es no uniforme en cuanto a las alturas.

**P-2.** El valor del índice *A* es de 1.86, *Amax* de 3.30 y *Arel* de 56%, lo cual indica que el rodal presenta uniformidad media, en cuanto a la diversidad de alturas.

### Distribución vertical de especies con base en el índice de Pretzsch (P-1)

*Valores de importancia.* En los tres estratos de altura, la especie dominante es *P. Pseudostrobus* (100% estrato I); sin embargo, se nota una tendencia a la baja en su dominancia a medida que bajan los estratos “II” (92%) y “III” (28%). Por otro lado, otras especies incrementan su importancia en los estratos II y III, como el caso de *J. flaccida* y *Q. canbyi*, que en el estrato III presentan valores de 22% y 19% de  $IVI_{rel}$  respectivamente, mientras que en el estrato II sólo presentaron 3% *J. flaccida* y 2% *Q. canbyi* de  $IVI_{rel}$  (tabla III).

*Variables del rodal.* Las variables del rodal muestran valores promedio de 41 cm en diámetro para *P. pseudostrobus*, en el estrato I. En el estrato II, el diámetro promedio mayor lo muestra *Q. canbyi*, con 23 cm; en el estrato III, *Q. rysophylla* tiene el promedio más alto con 19 cm de diámetro, seguido de *P. pseudostrobus* con 17 cm (tabla III).

Para el caso de las alturas, se encontró un promedio de 23 m para *P. pseudostrobus* en el estrato I. En el estrato II, *J. flaccida* es la especie con mayor promedio de altura con 15.8 m, seguida de *P. pseudostrobus* con 15.2 m; el estrato III tiene promedios de hasta 9.1 m, para *P. pseudostrobus*, y 7.4 m para *J. flaccida* (tabla III).

*Diversidad de especies.* La diversidad de especies arbóreas aumenta en los estratos II y III del rodal. El estrato I está representado por una sola especie; el estrato II, muestra cinco especies con un índice  $H'$  de 0.24 y  $D$  de 1.3; para el estrato III, se registraron 14 especies y tiene índice  $H'$  de 1.8 y diversidad  $D$  de 6.0 (tabla III). Las diferencias entre estratos para el caso de  $H'$  fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ).

### Distribución vertical de especies (P-2)

*Valores de importancia.* En los estratos I y II de altura, la especie dominante es *P. pseudostrobus*, al igual

Tabla III. Resultados p-1.

Estrato	Especie	Abundancia	Dominancia	Frecuencia	IVI rel	$d_{1.30}$				AT				H'/D
		N/ha	G (m <sup>2</sup> /ha)	N/Subp.		Media	Min.	Máx.	CV	Media	Min.	Máx.	CV	
I	<i>P. pseudostrobus</i>	4	0.543	3	100	41.2	33.3	47.0	16	23.3	20.6	25.4	9	0.00
	<b>Total</b>	4	0.543	3	100									
II	<i>J. flaccida</i>	2	0.175	2	3	32.5	24.6	40.3	34	15.8	15.5	16.1	3	
	<i>P. pseudostrobus</i>	108	8.458	25	92	30.6	12.3	61.0	26	15.2	12.7	20.2	13	0.24
	<i>Q. canbyi</i>	1	0.086	1	2	33.0	33.0	33.0	-	13.5	13.5	13.5	-	
	<i>Q. polymorpha</i>	1	0.021	1	1	16.3	16.3	16.3	-	13.0	13.0	13.0	-	1.3
	<i>Q. rysophylla</i>	1	0.033	1	2	20.4	20.4	20.4	-	12.7	12.7	12.7	-	
	<b>Total</b>	113	8.772	30	100									
III	<i>A. coulteri</i>	1	0.010	1	0	11.3	11.3	11.3	-	4.6	4.6	4.6	-	
	<i>A. denticulata</i>	1	0.005	1	0	7.9	7.9	7.9	-	3.4	3.4	3.4	-	
	<i>A. xalapensis</i>	31	0.496	17	8	13.5	7.6	24.4	34	4.6	2.6	6.7	30	
	<i>C. myristiciformis</i>	12	0.204	7	3	13.0	7.5	34.1	56	6.8	4.3	9.4	25	
	<i>J. flaccida</i>	110	2.639	22	22	15.8	7.5	35.4	47	7.4	1.6	11.4	25	
	<i>M. texana</i>	3	0.028	1	1	10.4	7.9	14.4	33	4.7	3.5	6.0	27	
	<i>P. pseudostrobus</i>	134	3.657	24	28	17.0	7.5	42.0	45	9.1	3.0	12.6	26	1.8
	<i>P. laevigata</i>	1	0.011	1	0	12.0	12.0	12.0	-	5.2	5.2	5.2	-	
	<i>P. serotina</i>	5	0.087	4	2	14.3	10.6	20.3	31	6.5	3.9	10.1	38	6.0
	<i>Q. canbyi</i>	97	2.260	19	19	16.1	8.2	37.6	37	6.8	2.7	12.1	27	
	<i>Q. laceyi</i>	1	0.018	1	0	15.2	15.2	15.2	-	5.0	5.0	5.0	-	
	<i>Q. polymorpha</i>	21	0.507	10	6	16.9	8.4	29.0	28	5.2	2.5	8.5	32	
	<i>Q. rysophylla</i>	30	1.053	14	9	19.2	8.4	39.5	47	7.2	3.5	11.6	31	
	<i>R. virens</i>	1	0.012	1	0	12.3	12.3	12.3	-	3.7	3.7	3.7	-	
<b>Total</b>	448	10.987	123	100										
<b>Total general</b>	565	20.302	156	300										

que en P-1, en los estratos II y III su dominancia va disminuyendo. En cuanto al  $IVI_{rel}$ , *P. pseudostrabus* presenta 100% en el estrato I, 89% en el II y sólo 20% en el estrato III, lo que indica una disminución considerable en estrato III, donde la especie con mayores valores de  $IVI_{rel}$  es *Q. canbyi* con 35%. *J. flaccida* sería la especie que ocupa el tercer lugar del estrato II, con 18% de  $IVI_{rel}$  (tabla IV).

**Variables del rodal.** El diámetro promedio para el estrato I es de 53.6 cm para *Pinus pseudostrabus*. En el estrato II, el diámetro promedio fue de 37.6 cm para *J. flaccida*, mientras que para el estrato III *Q. polymorpha* tiene un diámetro de 19.4 cm, seguido de *P. pseudostrabus* con 17 cm. Para las alturas, se encontró que *P. pseudostrabus* registró los mayores promedios en los tres estratos. En el estrato I, presenta 21.8 m; en el II, 29.9 m; y en el III, 9.7 m, seguido de *Q. polymorpha* y *J. flaccida* con 8.9 y 7.4 m de altura, respectivamente (tabla IV).

**Diversidad de especies.** El estrato I está representado por una sola especie, el estrato II muestra tres especies con un índice  $H'$  de 0.28 y el D de 1.3; para el estrato III se registraron nueve especies y tiene una diversidad  $H'$  de 1.61 y una diversidad D igual a 5.0. La comparación entre estratos para el índice ( $H'$ )

mediante la t de Hutcheson muestra diferencias altamente significativas entre el estrato II y el estrato III ( $p < 0.001$ ). La comparación entre parcelas no tuvo diferencias significativas para el índice de  $H'$  (tabla IV).

**Índice de similitud**

En cuanto a composición de especies entre parcelas, el índice de similitud de Sorensen presenta un valor de 56%.

**DISCUSIÓN**

En la estratificación de Pretzsch se observan algunas diferencias en cuanto a la dinámica de los rodales de estudio.

**Estrato I.** En ambas parcelas se encuentra dominado por una sola especie: *P. pseudostrabus*, que presenta características que la hacen resistente al fuego, como cortezas gruesas y regeneración de la copa, principalmente en etapas jóvenes, lo cual es un indicador de que estos ecosistemas tienen un determinado régimen de incendios.<sup>16,17</sup> Es importante señalar que no hubo diferencias significativas para las variables

Tabla IV. Resultados p-2.

Estrato	Especie	Abundancia	Dominancia	Frecuencia	IVI rel	$d_{1.30}$				AT				H'/D
		N/ha	G (m <sup>2</sup> /ha)	N/Subp.		Media	Mín.	Máx.	CV	Media	Mín.	Máx.	CV	
I	<i>P. pseudostrabus</i>	2	0.458	2	100	53.6	47.2	60.0	17	21.8	19.6	23.9	14	0.00
	Total	2	0.458	2	100									
II	<i>J. flaccida</i>	4	0.450	3	6	37.6	33.9	45.5	14	13.3	12.2	14.7	8	0.28
	<i>P. pseudostrabus</i>	118	8.612	24	89	29.9	15.0	45.6	20	14.4	12.1	18.5	12	
	<i>Q. canbyi</i>	4	0.148	3	5	21.5	18.7	26.9	17	13.6	12.1	15.4	12	1.3
	Total	126	9.210	30	100									
III	<i>A. farnesiana</i>	1	0.006	1	0	8.7	8.7	8.7	-	3.3	3.3	3.3	-	
	<i>A. xalapensis</i>	33	0.326	15	7	10.9	7.6	21.0	25	4.9	3.0	6.5	19	
	<i>C. canadensis</i>	1	0.006	1	0	8.6	8.6	8.6	-	5.1	5.1	5.1	-	
	<i>J. flaccida</i>	105	1.858	22	18	13.2	7.5	60.0	55	7.4	4.7	11.8	20	1.61
	<i>P. pseudostrabus</i>	101	2.653	22	20	17.0	7.6	35.3	40	9.5	3.9	12.0	21	
	<i>Q. canbyi</i>	209	4.994	25	35	16.6	7.9	39.9	33	7.2	3.0	12.0	22	5.0
	<i>Q. polymorpha</i>	4	0.120	4	2	19.4	15.7	22.0	15	8.9	7.7	10.1	12	
	<i>Q. rysophylla</i>	19	0.489	8	5	16.0	8.1	37.5	54	6.6	3.5	11.0	31	
	<i>R. virens</i>	68	0.576	24	12	10.1	7.5	21.6	24	3.8	2.0	6.8	26	
Total	541	11.028	122	100										
Total general		669	20.695	154	300									

del IVI, diversidad, ni para las variables dasométricas evaluadas en este estrato.

*Estrato II.* En ambas parcelas, la especie dominante es *P. pseudostrobus*. Sin embargo, otras especies comienzan a aparecer, tal es el caso de *J. flaccida* y algunas especies de *Quercus*, que es un género tolerante a la sombra. *Quercus* y *Juniperus* presentan diferente ante el fuego, para el género de *Juniperus* se ha reportado que algunas especies presentan alta sensibilidad al fuego,<sup>18</sup> y *Q. camby* tiene la capacidad de rebrotar tras el paso de los incendios, sin duda una ventaja competitiva para esta especie.<sup>19</sup> En la P-1 el *P. pseudostrobus* es más alto que los *Quercus* ( $P < 0.05$ ), dichas diferencias no se hacen notar en la P-2. *J. flaccida* presenta diferencias significativas con  $P < 0.05$  en la altura, comparado con los *Quercus* en la P-2, lo cual, debido a las características de las especies, indicaría que en la P-2 hay mayor tiempo en ausencia del fuego.

*Estrato III.* En este estrato se presenta la mayor diversidad y diferencia en la composición de especies. Además, es donde se reflejan los efectos del historial de incendios. En la P-1, el *P. pseudostrobus* es la especie con mayor valor de  $IVI_{rel}$  y los encinos en la P-2. Aunque el *P. pseudostrobus* es más alto y con mayores diámetros que los *Quercus* y el *J. flaccida* en ambas parcelas ( $P < 0.05$ ), para la P-2 se encontró que los *Quercus* presentan mayor número de árboles por hectárea que el *P. pseudostrobus* y el *J. flaccida*. Esto representa importantes implicaciones de manejo: debido a la competencia y características de las especies, ante la ausencia del fuego los *Quercus* y *Juniperus* pueden llegar a desplazar al *P. pseudostrobus* al ir desapareciendo los individuos residuales.

### Limitaciones del estudio

Aunque se desconoce el área, frecuencia y severidad del incendio en la P-1, y el historial de incendios de

la P-2, aún se puede generar información importante para la determinación del efecto del fuego en la composición y diversidad de especies. Por otra parte, si bien la escala de medición es temporal, es decir, no se tienen mediciones de años anteriores, la vegetación es un perfecto reflejo de las condiciones o régimen de disturbio, a las cuales estuvieron sometidos los rodales durante un tiempo determinado.

### CONCLUSIONES

La propuesta de Pretzsch, mediante la estratificación de alturas, brinda una visión más detallada de la distribución vertical de las especies que componen las parcelas. Con esta información, se puede analizar parte de la dinámica de la vegetación mediante la determinación de las proporciones y dimensiones por especie, permite hacer inferencias sobre la competencia interespecífica y estadio sucesional en que se encuentran las especies.

Mediante el presente estudio se concluye que ambas parcelas se encuentran en etapa de vardascal, ya que la mayoría de los individuos presenta pequeñas dimensiones y se ubica en los estratos II y III.

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la diversidad y composición de especies bajo la metodología del índice de Pretzsch, utilizado en tres estratos de altura (I, II y III) conforme con la altura máxima registrada. El estudio comprende dos parcelas (P-1 y P-2) de una hectárea cada una, con distinto periodo de ocurrencia de incendios. Los principales resultados muestran que el estrato III es el más diverso, con 1.8 y 1.6 de  $H'$  para P-1 y P-2, respectivamente. La aplicación del índice de Pretzsch brinda una visión detallada de la distribución vertical de las especies, permitiendo hacer inferencias sobre la com-

potencia interespecífica y el estadio sucesional en que se encuentran.

**Palabras clave:** Índices de diversidad, Sucesión ecológica, Dinámica del rodal.

## ABSTRACT

The main goal of this study was to characterize the tree composition and diversity of pine-oak forests based on the Pretzsch Index. This methodology uses three height zones (I, II, and III) according to the maximum height registered at the study area. The study area has two plots (P-1 and P-2) of one hectare each with different historical fire occurrence. The main results show that stratum III has the higher tree diversity on both P-1 ( $H' = 1.8$ ) and P-2 ( $H' = 1.6$ ). The use of Pretzsch stratification index provides a detailed overview of vertical distribution of tree species, making it possible to make inferences about the interspecific competence and ecological succession stage of a stand.

**Keywords:** Diversity indexes, Ecological succession, Forest stand dynamics.

## REFERENCIAS

1. Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. Primera edición digital [En línea]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p. disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/vegetacion\\_de\\_mexico.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/vegetacion_de_mexico.html) (Abril 15 de 2013).
2. Agee, J.K. (1993). *Fire Ecology of Pacific Northwest Forests*. Island Press, Washington, D.C. 477 p.
3. TNC (2004). El fuego, los ecosistemas y la gente. Una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación. Iniciativa Global para el Manejo del Fuego. *The Nature Conservancy*. WWF, UICN. 9 p.
4. Rodríguez, T.D.A. (1996). *Incendios Forestales*. Universidad Autónoma de Chapingo. Mundi-Prensa. México, D.F. 617 p.
5. White, P.S. y Pickett S.T.A. (1985). Natural disturbance and patch dynamics an introduction, definitions of patch dynamics, perturbation and disturbance. En: Pickett S.T.A. y White P.S. (Eds.). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, Nueva York, EUA. pp. 4-13.
6. Pickett, S.T.A., S.L. Collins, y J.J. Armesto. (1987). Models, Mechanisms and Pathways of Succession. *The Botanical Review*. Vol. 53 (3): 335-371.
7. Whelan, R. (1995). *The Ecology of Fire*. Cambridge University Press. Cambridge. Reino Unido. 346 p.
8. Pretzsch, H. (2009). Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model. Springer-Verlag Berlín Heidelberg, Alemania. 664 p.
9. Himmelsbach, W. (2009). Caracterización de Bosques Mixtos de Pino-Encino en la Sierra Madre Oriental en México Considerando el Factor Limitante Hídrico. Tesis doctoral. UANL-FCF. 137 p.
10. Aguirre, C.O.A. (2002). Índices para la Caracterización de la Estructura del Estrato Arbóreo de Ecosistemas Forestales. *Ciencia Forestal en México*. 27(29): 5-27.
11. Mostacedo, B. y T. Fredericksen (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia: Editora El País. 87 p.
12. Magurran, A. (1989). Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral, Barcelona, España. 200 p.
13. Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*. 113:363-375.
14. Moreno, C.E., F. Barragán, E. Pineda y N.P. Pavón (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1249-1261.
15. Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis*, quinta edición. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 944 p.
16. Rodríguez, T.D.A. (2008). Fire Regimes, Fire Ecology, and

- Fire Management in México. *Ambio*. Vol. 37 (7–8):549-556.
17. Rodríguez, T.D.A. y P.Z. Fulé (2003). Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire* 12:23-37.
18. Sullivan, J. (2007). *Juniperus flaccida*. *In*: Fire Effects Information System, [En línea]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory. disponible en: <http://www.fs.fed.us/database/feis/> (Diciembre 5 de 2012).
19. González, M.A., Schwendenmann, L., Jiménez, J., Schulz, R. (2008). Forest structure and woody plant species composition along a fire chronosequence in mixed pine-oak forest in the Sierra Madre Oriental, Northeast México. *Forest Ecology and Management*, 256: 161–167.

Recibido: 4 de octubre 2013

Aceptado: 7 noviembre de 2013