

Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México

J. Jiménez ¹ *, O. Aguirre ¹, H. Kramer ²

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

² Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde, Universität Göttingen, Alemania

RESUMEN

El conocimiento sobre las diversas características estructurales en los bosques multicohortales es fundamental para el desarrollo adecuado de planes de manejo en recursos naturales. El objetivo de esta investigación fue el definir un procedimiento para conocer la dinámica de la vegetación arbórea en ecosistemas mixtos de pino-encino.

La metodología propuesta es una combinación de la medición global en el ecosistema forestal y el análisis muestral denominado «grupo estructural cuatro». La información total se utilizó para determinar la abundancia y la dominancia de las especies arbóreas. Mediante sitios de muestreo se definió la frecuencia, el índice de diferenciación diamétrica y de altura, así como el índice porcentual de mezcla de especies. Lo anterior, se efectuó para la población y para 11 especies arbóreas. Para evaluar el índice de distribución vertical de especies, se utilizó la altura total de los individuos, realizando una distribución en tres estratos (número de individuos y área basimétrica). Esta investigación define un procedimiento de análisis para la estructura horizontal y vertical en especies de tipo arbóreo, dentro de los bosques multicohortales de *Pinus-Quercus*.

PALABRAS CLAVE: Estructura forestal
Mezcla de especies
Diferenciación dimensional
Bosque multicohortal

INTRODUCCIÓN

Los bosques multicohortales de *Pinus-Quercus* se distribuyen ampliamente a lo largo de la Sierra Madre Oriental y Occidental en el norte de México, perteneciendo a uno de los tipos de vegetación forestal económicamente más importantes de México. Estos bos-

* Autor para correspondencia

Recibido: 9-2-01

Aceptado para su publicación: 3-7-01

ques logran ocupar una extensión de 27,5 millones de hectáreas en las zonas de clima templado y frío, correspondiendo a esta superficie el 90 % del aprovechamiento forestal (Jiménez y Kramer, 1991). En la actualidad, como fundamento para el manejo forestal de los bosques multicohortales de pino-encino existen nuevas investigaciones para determinar la edad del rodal, la altura media, la densidad del bosque, las cuales se apoyan en las distintas formas de inventario forestal (Kramer y Akça, 1995; Kramer *et al.*, 1997; Van Laar y Akça, 1997; Gadow, 1999). En el nordeste de México es frecuente encontrar investigaciones sobre aspectos de crecimiento individual de especies arbóreas en los bosques mixtos de pino-encino (Jiménez *et al.*, 1991; Kätsch *et al.*, 1992; Aguirre *et al.*, 1995), donde la premisa se enfoca hacia el manejo forestal sustentable. Las nuevas tendencias en el manejo integral de los ecosistemas forestales, exigen un mayor conocimiento cuantitativo sobre las comunidades vegetales, especialmente de las especies arbóreas. Tal consideración se enfoca hacia la concepción de la diversidad biológica, distribución espacial y diferenciación dimensional (Jiménez *et al.*, 2001). En tal sentido, en el último lustro se han efectuado investigaciones tendientes a caracterizar estructuralmente los distintos ecosistemas forestales, enfocándose principalmente hacia los bosques de clima templado (Aguirre *et al.*, 1998, 2001; Jiménez *et al.*, 1998; Chen y Bradsahw 1999; Lähde *et al.*, 1999; Gadow 1999).

El presente estudio tiene como objetivo principal el desarrollar una metodología que defina el comportamiento de la estructura arbórea en bosques multicohortales de pino-encino, mediante la aplicación de indicadores ecológicos y variables dasométricas para la región norte de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio

El área de estudio se ubica en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México, con una altitud sobre el nivel del mar de 1500 m. Esta superficie se presenta en la exposición norte con una calidad de sitio pobre, debido al suelo calcáreo seco. Este bajo crecimiento es determinado ante todo por las condiciones climáticas, como las bajas precipitaciones que oscilan entre los 400 y 600 mm al año.

El bosque mixto-incoetáneo se constituye por una vegetación arbórea de *Pinus pseudostrobus* (Lindl.), *Juniperus flaccida* (Lindl.), *Quercus rysophylla* (Weath.), *Q. canbyi* (trell.), *Q. laceyi* (Small.), *Q. polymorpha* (Cham. & Schl.), *Arbutus xalapensis* (H.B.K.), *Juglans mollis* (Engelm.), *Cercis canadensis* (L.), *Prunus serotina* (Ehrhart) y *Rhus virens* (A. Gray). La especie de mayor abundancia es *Pinus pseudostrobus*. Dentro del ecosistema en estudio esta especie representa el 57 % y el 72 % del área basimétrica total (Tabla 1). La edad de *P. pseudostrobus* oscila entre los 14 y 125 años, con una media aritmética de 61 años. Cabe mencionar que sólo un 6 % se ubica dentro del rango de edad de 14-20 años. *P. pseudostrobus* presenta un índice de sitio 11 (altura dominante a 50 años, Aguirre 1989) y por lo tanto, un incremento medio anual de 4,1 m³. La presencia de *Juniperus flaccida* es característico de los bosques secos de pino-encino. El valor bajo en la relación de altura/diámetro en la mayoría de las especies arbóreas, es el resultado de una alta radiación lumínica.

Tabla 1
Datos del ecosistema multicohortal

Especie	N/ha		G/ha (m ²)		Altura (m)				Diámetro _{1,3} (cm)				h/d
	abs.	rel.	abs.	rel.	$\bar{h}$	S_h	min	max	$\bar{d}_{1,3}$	S_d	min	max	
<i>Pinus pseudostrobus</i>	169	56,7	10,73	72,4	12,9	4,2	4,1	24,0	26,1	11,3	4,8	56,0	0,49
<i>Juniperus flaccida</i>	29	9,7	1,07	7,2	8,8	5,9	4,8	16,3	20,0	7,1	6,9	37,8	0,44
<i>Quercus rysophylla</i>	38	12,8	1,33	9,0	8,7	2,9	4,0	18,5	19,7	7,6	10,1	42,8	0,44
<i>Quercus canbyi</i>	22	7,4	0,67	4,5	8,7	2,6	4,5	15,9	18,2	7,4	5,8	52,0	0,47
<i>Quercus laceyi</i>	20	6,7	0,69	4,7	9,2	3,1	4,6	15,8	19,7	7,1	6,9	37,8	0,47
<i>Arbutus xalapensis</i>	17	5,7	0,28	1,9	5,6	1,2	3,4	9,6	14,1	2,9	9,0	22,2	0,40
Otras especies *	3	1,0	0,05	0,3	9,5	2,3	6,3	12,0	17,0	3,0	13,5	22,0	0,56
Valor global	297	100	14,82	100	10,9	4,3	3,4	24,0	22,9	10,5	4,8	56,0	0,48

* *Juglans mollis*, *Prunus serotina*, *Quercus polymorpha*, *Cercis canadensis*, *Rhus virens*

Metodología de la investigación

Forma de inventario forestal

Dentro del área de estudio se realizó una medición global de las especies arbóreas, determinando para cada individuo su especie, posición, diámetro ($d_{1,3}$), altura total (h), diámetro de la copa (dc), así como la edad (t) para *Pinus pseudostrobus*.

En la estimación de los parámetros estructurales se utilizó el muestreo propuesto por Köhler en 1951 y desarrollado por Földner en 1995. El sistema de muestreo consta de la medición de los 4 individuos próximos. La especie más próxima al punto de intersección se le denominó árbol-muestra. Partiendo de un punto al azar se ubicaron los sitios de muestreo, teniendo una distancia de 20 m entre sitios. La información recabada fue: número de individuos (N/ha), altura total promedio ($\bar{h}$), diámetro promedio ($\bar{d}_{1,3}$), área basimétrica (G/ha). Tales valores se establecieron tanto para la población como para los sitios de muestreo (Tabla 1).

Diferenciación dimensional (TD y TH)

La diferenciación dimensional permite describir la heterogeneidad dentro de la estructura del ecosistema, teniendo como base las relaciones dasométricas de las especies arbóreas próximas (Földner y Gadow, 1994; Földner, 1995; Albert *et al.*, 1995; Pommerehne, 1997). Con fundamento en lo antes señalado, la diferenciación diamétrica y de altura se definen como el resultado de la relación existente entre las variables dendrométricas (diámetro y altura) y el segundo vecino próximo (es decir entre el árbol-muestra y el primer vecino) y se describen con las siguientes ecuaciones matemáticas:

Diferenciación diamétrica

$$TD = 1 - \frac{D - \text{menor}}{D - \text{mayor}}$$

donde:

TD = Diferenciación diamétrica
 D-menor = Diámetro menor
 D-mayor = Diámetro mayor

El valor promedio de la diferenciación diamétrica entre el i-avo árbol y sus n próximos vecinos es:

$$\overline{TD}_{n_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (1 - r_{ij})$$

Arbol-muestra i (i = 1,...,m), próximos vecinos j (j = 1,...,n), donde:

$r_{ij} = d_{1,3}$ menor hasta $d_{1,3}$ mayor.

Diferenciación en altura

$$TH = 1 - \frac{H - \text{menor}}{H - \text{mayor}}$$

donde:

TH = Diferenciación en altura
 H-menor = Altura menor
 H-mayor = Altura mayor

El valor promedio de la diferenciación en altura entre el i-avo árbol y sus n próximos vecinos es:

$$\overline{TH}_{n_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (1 - r_{ij})$$

Árbol-muestra i (i=1,...,m), próximos vecinos j (j=1,...,n), donde:

$r_{ij} = h$ menor hasta h mayor.

Aguirre *et al.* (1998) y Jiménez *et al.* (1998) desarrollan esta metodología, donde la diferenciación en diámetro (TD) y altura (TH) se subdivide en 5 grupos: 0,0-0,2 débil; 0,2-0,4 moderado; 0,4-0,6 claro; 0,6-0,8 fuerte; 0,8-1,0 muy fuerte.

Índice porcentual de mezcla de especies arbóreas ($\overline{DM}$)

Este término fue descrito por Földner (1995) para el desarrollo de un muestreo estructural, considerando el porcentaje de los tres individuos más próximos al árbol-muestra. Esta comparación corresponde a 0 si los vecinos pertenecen la misma especie y 1 si los

individuos vecinos son de especies distintas. Los sitios de muestreo pueden alcanzar como resultado cuatro categorías:

0,00= todos los individuos pertenecen a la misma especie;
 0,33= un individuo pertenece a otra especie;
 0,67= dos de tres vecinos pertenecen a otra especie;
 1,00= los tres individuos pertenecen a distintas especies.

$$DM_{nl} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (1 - V_{ij})$$

donde:

$$V_{ij} = \begin{cases} 0, j' \text{avo vecino pertenece a la misma especie} \\ 1, j' \text{avo vecino pertenece a otra especie} \end{cases}$$

Abundancia, dominancia y frecuencia de las especies arbóreas

Para evaluar el significado de las especies arbóreas en la población se utilizó la abundancia, dominancia y frecuencia como medida de valoración (Mueller y Ellenberg, 1974). Como expresión de abundancia se recurrió al número de individuos por hectárea y como medida de dominancia se acepta la variable de proporción de copa. Lamprecht (1986) menciona que en los bosques tropicales se utiliza normalmente el área basal de las especies para la determinación de la dominancia. En tal sentido, se evaluó la dominancia como una expresión del área basimétrica ($g_{1,3}$) de los individuos presentes. Para evaluar la frecuencia se usó la información recabada de los sitios de muestreo, donde se contabilizaron las especies presentes dentro de estos muestreos. Los resultados obtenidos de abundancia y dominancia se compararon entre la población y los sitios de muestreo.

Índice de distribución vertical de especies (A)

De acuerdo a Lamprecht (1986), Nagel (1994) y Pretzsch (1996) se interpretó la distribución de las especies en tres zonas de altura. Lo anterior corresponde a lo descrito por Pretzsch: zona I: 80 %-100 % de la altura máxima de la población, zona II: 50 %-80 %, zona III: 0-50 %. Adicional a lo antes mencionado, se determinó la distribución del área basimétrica de las especies sobre las zonas de alturas. Finalmente se calculó el índice de distribución vertical de especies (A). Este índice cuantifica la diversidad de especies y su ocupación en el espacio vertical en la población. Con lo descrito se estimó la proporción de las especies de acuerdo a las zonas de altura. El índice de distribución vertical se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z op_{ij} * \ln p_{ij}$$

donde:

A = Índice de distribución vertical
 S = Número de especies presentes
 Z = Número de zonas de altura

p_{ij} = Porcentaje de especies en cada zona

$$p_{ij} = \frac{n_{i,j}}{N}$$

n_{ij} = Número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j)

N = Número total de individuos

El valor del índice A se ubica entre 0 y el valor máximo de A ($A_{\max}$). El valor 0 muestra que el rodal se conforma de una sola especie, el cual sólo se ubica dentro de una zona. $A_{\max}$, que se logra cuando todas las especies se localizan en todas las zonas. $A_{\max}$ depende del número de especies presentes (S), así como de las zonas (Z) existentes que concurren en la población. Este índice se calcula de la siguiente manera (Biber 1997):

S = Número de especies presentes

Z = Número de zonas de altura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la población

La Tabla 1 muestra los datos importantes de la población, disociados de acuerdo a las especies arbóreas. Se observa claramente que el número de individuos es una variable, que de forma aislada no logra dilucidar sobre la densidad y el porcentaje de las especies arbóreas. Así *Pinus pseudostrobus* presenta un 57 % del total de individuos de la población, mientras que su diámetro promedio ($\bar{d}_{1,3}$) es de 26,1 cm, es decir 72 % del área basimétrica total. Con las demás especies, el área basal (rel. G/ha) es menor que el número de individuos (rel. N/ha). Por ejemplo *Arbutus xalapensis* con un diámetro medio de 14 cm, un número de individuos porcentual de 5,7 %, logra sin embargo sólo un área basal de 1,9 %.

El rango de variación de la altura y el diámetro de la población, así como el coeficiente de variación ($S_h \% = 39$, $S_d \% = 46$) muestran una gran heterogeneidad del rodal. Estos resultados no señalan si existe una fuerte diferenciación dimensional entre las especies. Esta alta variabilidad se presenta en la mayoría de las especies, por ejemplo *Pinus pseudostrobus* tiene un $S_h \% = 33$ y $S_d \% = 43$.

Índice de diferenciación dimensional

En la Tabla 2 se muestra la distribución de los valores del índice de diferenciación diamétrica (TD), dividido en 5 grupos para la población y las especies en cuestión. Se observa que el 41 % de los árboles-muestra se ubican en el rango de débil y 30 % en el moderado. En un ecosistema mixto esta respuesta general resulta insuficiente, debido a que ciertas especies son poco diferenciadas. Del número de individuos, las especies de mayor representatividad son *P. pseudostrobus* y *Q. rysophylla*, las cuales se ubican en la categoría de diferenciación débil. La diferenciación en altura corresponde en forma similar a la diferenciación en diámetro. Este indicador ecológico es determinante cuando existe una población que muestra una alta diversidad biológica en distintos estratos verticales.

Tabla 2
Diferenciación diamétrica ($\overline{TD}$)

Especie	$\overline{TD}$ (%)					Total
	0,0-0,2 débil	0,2-0,4 moderado	0,4-0,6 claro	0,6-0,8 fuerte	0,8-1,0 muy fuerte	
<i>Pinus pseudostrobus</i>	48,3	24,1	10,4	17,2		100
<i>Juniperus flaccida</i>		42,9	57,1			100
<i>Quercus rysophylla</i>	55,6	11,1	22,2	11,1		100
<i>Quercus canbyi</i>		50,0	50,0			100
<i>Quercus laceyi</i>	25,0	75,0				100
<i>Arbutus xalapensis</i>	50,0		50,0			100
Otras especies	100					100
Valor global	40,7	29,6	18,6	11,1		100

Índice porcentual de mezcla de especies arbóreas

En la Tabla 3 se muestra que un 33 % de los sitios de muestreo de la población, cada tres árboles vecinos, uno pertenece a otra especie. Sólo el 20 % de los casos, todos los individuos corresponden a la misma especie. *Pinus pseudostrobus* se vincula sólo el 17 % de los árboles-muestra a otra especie.

Tabla 3
Índice de mezcla de especies ($\overline{DM}$)

Especie	$\overline{DM}$				Total
	0,00	0,33	0,67	1,00	
<i>Pinus pseudostrobus</i>	27,7	37,9	17,2	17,2	100
<i>Juniperus flaccida</i>		42,8		57,2	100
<i>Quercus rysophylla</i>	11,1	11,1	44,5	33,3	100
<i>Quercus canbyi</i>	50,0			50,0	100
<i>Quercus laceyi</i>	25,0	25,0		50,0	100
<i>Arbutus xalapensis</i>			50,0	50,0	100
Otras especies				100	100
Valor global	20,4	27,8	18,5	33,3	100

De los resultados obtenidos no se aclara ninguna diferenciación sobre qué especie es el árbol-muestra y cuál especie resulta ser su vecino más cercano. Es decir, sobre los mismos valores del índice porcentual de mezcla no se observa qué especie corresponde a su vecino de otra especie. En la Figura 1 se indica el árbol-muestra de las distintas especies

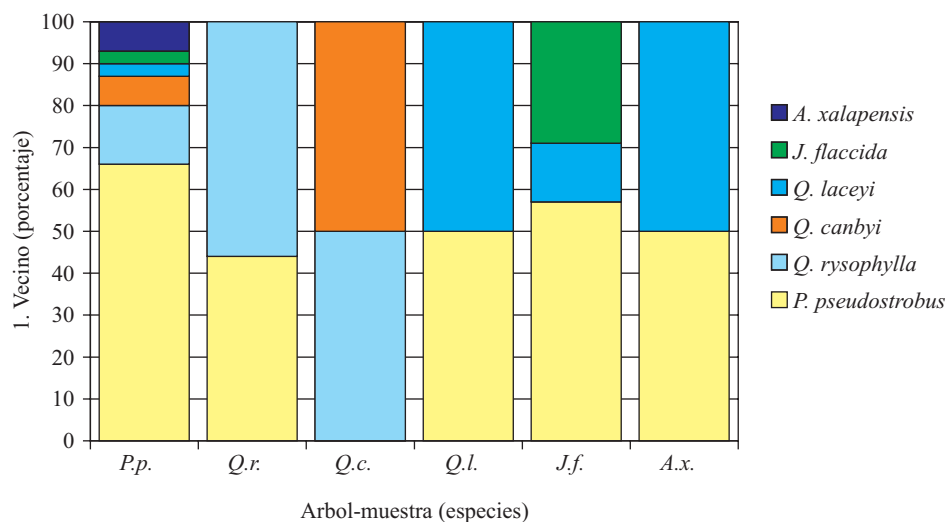


Fig. 1.—Distribución del árbol-muestra en función de su vecino más próximo

en comparación con su vecino próximo. Con excepción de *Quercus canbyi*, el vecino próximo resulta ser *Pinus pseudostrobus*. Para *Arbutus xalapensis*, el vecino próximo pertenece a otra especie. Con *P. Pseudostrobus* el 35 % de los sitios de muestreo el vecino más cercano, por lo general es de otra especie arbórea. El resultado general demuestra que existe una gran heterogeneidad en este ecosistema forestal.

Análisis de abundancia, dominancia y frecuencia de las especies arbóreas

La abundancia, dominancia y frecuencia de las especies se utiliza para analizar la relación existente entre las especies de una población. En la Tabla 4 se muestran los valores absolutos y relativos de abundancia (N/ha), dominancia ($G = m^2/ha$) y frecuencia de las especies arbóreas en cuestión. Lo anterior se fundamenta en los sitios de muestreo. A su vez, se observa que un porcentaje de los sitios de muestreo, en comparación con la medición total de la población, muestran variaciones positivas y negativas en los valores de abundancia y dominancia. Para el ecosistema varían en forma sustancial los valores en los sitios de muestreo (+14 % N/ha y +33 % G/ha). Estas variaciones son mayores en determinadas especies (*Quercus rysophylla* y *Q. laceyi*). Estos valores pueden disminuir si se agrupan a las especies y se utilizan valores relativos (género *Quercus*).

Tabla 4
Análisis de abundancia, dominancia y frecuencia de especies

Especie	Abundancia (N/ha)		Dominancia (g = m ² /ha)		Frecuencia
	abs.	rel.	abs.	rel.	
1. <i>Pinus pseudostrobus</i>	183	53,8	13,53	72,2	89
2. <i>Juniperus flaccida</i>	44	12,9	1,00	5,3	35
3. <i>Quercus rysophylla</i>	56	16,5	2,16	11,5	35
4. <i>Quercus canbyi</i>	13	3,8	0,15	0,8	17
5. <i>Quercus laceyi</i>	25	7,4	1,50	8,0	15
Suma especies de encino (3-5)	94	27,7	3,81	20,3	67
6. <i>Arbutus xalapensis</i>	13	3,8	0,25	1,3	20
Otras especies	6	1,8	0,16	0,9	2
Total	340	100	18,75	100	

Índice de distribución vertical de especies

Las variables abundancia, dominancia y frecuencia ocurren cuando se efectúan análisis sobre la distribución horizontal de la población. Para describir una población multicohortal e incoetánea es necesario agregar una descripción de la distribución vertical de la estructura del ecosistema. Lamprecht (1986) indica que el análisis de especies arbóreas se debe realizar mediante el estudio de los estratos en las copas de los mismos. En el análisis de la relación de especies arbóreas en un bosque tropical húmedo, junto a la abundancia (número de individuos), dominancia (área basimétrica) y frecuencia. A su vez, se observa la abundancia de acuerdo a tres estratos (superior, medio e inferior). En el siguiente análisis se distribuyen los sitios de muestreo, de acuerdo a las especies, en tres estratos (I: mayor al 80 % de la altura máxima, II: mayor al 50 % hasta 80 %, III: hasta 50 %). Posteriormente se dividen en número de individuos (valores absolutos y relativos), considerando las especies y los estratos (Tabla 5). Junto a los datos de la población se muestra la información obtenida en los sitios de muestreo.

La distribución vertical de las especies arbóreas en esta población muestra que sólo un 4,2 % de todos los árboles se ubican en la zona I, 34,4 % pertenecen a la zona II y el 61,4 % se sitúa en la zona III. La especie principal *Pinus pseudostrobus* se localiza en todos los estratos. Esta especie se encuentra en un 100 % del estrato superior, 86 % en el estrato medio y un porcentaje bajo en el estrato inferior. Las distintas especies de *Quercus* se ubican de manera mínima en la zona II y en mayor proporcionalidad en la zona III. Sin embargo todas las especies arbóreas se disponen en el estrato inferior. Aún más notable que la abundancia es la dominancia en *Pinus pseudostrobus*, cuyo porcentaje de área basal en la zona I es de 100 %. En la zona II corresponde un 89 %.

En la caracterización de la diversidad de especies a nivel de estructura vertical es determinante el valor máximo A_{max} , con apoyo de la información de la población y los sitios de muestreo para definir el grado máximo de diversidad entre los estratos. Como se obser-

Tabla 5
Índice de distribución vertical de la población y sitios de muestreo

Especie	Población		Muestreo	
	No. Ind.	%	No. Ind.	%
Estrato I				
1 <i>Pinus pseudostrobus</i>	27	7	11	10
Suma	27	4,2	11	5,1
Estrato II				
1 <i>Pinus pseudostrobus</i>	192	3	65	58
2 <i>Quercus rysophylla</i>	10	12	5	16
3 <i>Q. canbyi</i>	6	12	2	14
4 <i>Q. laceyi</i>	10	23	6	38
5 <i>Juniperus flaccida</i>	6	9	3	11
Suma	224	34.4	81	37.5
Estrato III				
1 <i>Pinus pseudostrobus</i>	147	40	37	33
2 <i>Quercus rysophylla</i>	72	88	26	84
3 <i>Q. canbyi</i>	43	88	12	86
4 <i>Q. laceyi</i>	33	77	10	63
5 <i>Juniperus flaccida</i>	58	91	25	89
6 <i>Arbutus xalapensis</i>	37	100	13	100
7 <i>Juglans mollis</i>	2	100		
8 <i>Q. polymorpha</i>	2	100	1	100
9 <i>Rhus virens</i>	1	100		
10 <i>Cercis canadensis</i>	1	100		
11 <i>Prunus serotina</i>	1	100		
Suma	397	61.4	124	57.4
Total	648	100	216	100

va en los resultados, existe una mayor heterogeneidad biológica conforme decrece la zona de los estratos. De los análisis estadísticos realizados se muestra una gran similitud, entre los sitios de muestreo y la población

Población A = 2,07; A_{max} = 3,50

Muestreo A = 2,11; A_{max} = 3,04

CONCLUSIONES

La investigación en los ecosistemas multicohortales de *Pinus-Quercus* muestra la gran necesidad de realizar estudios sobre la caracterización de estos ecosistemas, haciendo énfasis en análisis las estructuras horizontales y verticales de la vegetación. Para tal fin se requiere de una combinación de la evaluación global y mediciones a través de sitios de muestreo. La medición total integra la numeración y posición de los individuos arbóreos, además

de evaluar las variables dasométricas. Lo anterior sirve de base para la determinación de la abundancia (número de individuos) y la dominancia (área basal), de acuerdo a las especies existentes. Los sitios de muestreo, distribuidos mediante una red de puntos, se utilizan para determinar los índices de diferenciación dimensional (TD y TH), índice porcentual de mezcla de especies arbóreas (DM) y frecuencia, así como el índice de distribución vertical de especies en función del número de individuos y el área basal.

En estos valores promedios se reconoce que la población es heterogénea, correspondiendo a la multiplicidad de especies, las cuales tienen un alto significado dentro del ecosistema. Tales resultados muestran de manera singular el desarrollo del ecosistema multicohortal, así como sus formas de agrupación de las especies, de acuerdo a su afinidad, condiciones climáticas, de suelo, de agregación, etc. Los índices de diferenciación, de mezcla de especies y de distribución vertical son la base para definir la posición que guardan cada una de las especies localizadas en el ecosistema forestal.

Mediante la aplicación de las variables: diversidad de especies, distribución espacial y diferenciación dimensional, se logra caracterizar en forma cuantitativa las estructuras arbóreas en ecosistemas de tipo multicohortal.

El análisis estructural en los ecosistemas mixtos deberán ser el fundamento para los futuros planes de manejo de recursos naturales, donde la premisa se base en la sustentabilidad de los ecosistemas multicohortales e incoetáneos, los cuales permitan la preservación de la diversidad de especies, siendo este complejo vegetal de gran interés para la perduración de estos sistemas ecológicos en el mundo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-33919-B) y al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT-UANL), por su aportación financiera para llevar a cabo este estudio científico.

SUMMARY

Analysis of horizontal and vertical structures in a multicohort Pine-Oak ecosystem in north Mexico

Knowledge on diverse structural traits in multicohort forests is of paramount importance for developing management plans of natural resources. The aim of this study was to define a protocol to understand the dynamics of trees in a mixed pine-oak ecosystem.

The proposed methodology is a combination of global forest ecosystem measurement and the four structural group sample technique. All the information gathered was used to determine the abundance and dominance of tree species. Frequency, diameter and height differentiation index and species mingling index were determined using sampling plots. The above was determined for the population of the tree species defined. To measure the species vertical index, the total height of the individual was used, with a three strata distribution (number of individuals and basal area). This research defines an analysis protocol for vertical and horizontal structures in tree species inside multicohort pine-oak forests.

KEY WORDS: Forest structure
Species mingling
Differentiation index
Uneven-aged mixed stand

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE O., 1989. Aufstellung von Ertragstafeln auf der Basis einmaliger Waldaufnahmen am Beispiel von *Pinus pseudostrobus* Lindl. Im Nordosten Mexikos. Dissertation, Forstl. Fakultät d. Universität Göttingen, 109 pp.
- AGUIRRE O., JIMÉNEZ J., KÄTSCH C., KRAMER H., 1995. Desarrollo radial de especies arbóreas en un ecosistema forestal en el noreste de México. Reporte Científico No. 32. Fac. de Ciencias Forestales, Linares, N. L., 26 pp.
- AGUIRRE O., KRAMER H., JIMÉNEZ J., 1998. Strukturuntersuchungen in einem Kiefern-Durchforstungsversuch Nordmexikos. Allgemeine Forst u. Jagdzeitung 169, 213-220.
- AGUIRRE O., JIMÉNEZ J., KRAMER H., AKÇA A., 2001. Ausscheidung und Strukturanalysen von Bestandstypen in einem unberührten Naturwald Nordmexikos - als Grundlage für die Biotopforschung. Forstarchiv. Vol 72 (1). 17-25.
- ALBERT M., GADOW K.V., KRAMER H., 1995. Zur Strukturbeschreibung in Douglasien-Jungbeständen am Beispiel der Versuchsflächen Manderschied und Uslar. Allgemeine Forst u. Jagdzeitung 166, 205-210.
- BIBER P., 1997. Analyse verschiedener Strukturaspekte von Waldbeständen mit dem Wachstumssimulator SILVA2. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung 1997, Grünberg, 100-120.
- CHEN J., BRADSAHW G., 1999. Forest structure in sapce: a case study of an old growth spruce-fir forest in Changbaishan Natural Reserve, PR China. Forest Ecology and Management 120, 219-233.
- FÜLDNER K., GADOW K.V., 1994. How to Define a Thinning in a Mixed Deciduous Bech Forest. In: Mixed Stands. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups S 4.01-03 and S4.01-04. Lousa & Coimbra, Portugal, 31-42.
- FÜLDNER K., 1995. Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Dissertation, Forstl. Fakultät d. Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, 146 pp.
- GADOW K.V., 1999. Waldstruktur und Diversität. Allgemeine Forst u. Jagdzeitung 170, 117-122
- GADOW K.V. 1999. Waldwachstum. Beilage zur Vorlesung. Manuskript. Göttingen. 197 pp.
- JIMÉNEZ J., KRAMER H., 1991. Breve análisis sobre la situación actual de los recursos forestales en México. Reporte Científico No. Esp. 7. Fac. de Ciencias Forestales, Linares, N. L., 21 pp.
- JIMÉNEZ J., AGUIRRE O., NIEMBRO M., NÁVAR J., DOMÍNGUEZ A., 1994. Determinación de la forma externa de *Pinus hartwegii* Lindl. En el noreste de México. Investigación Agraria. Vol. 4 (2), 175-182.
- JIMÉNEZ J., AGUIRRE O., KRAMER H., 1998. Bestandsstrukturanalyse im ungleichaltrigen Kiefern-Wacholder-Eichen-Mischwald Nordostenmexikos. Forstarchiv 69 (6), 227-234.
- JIMÉNEZ J., AGUIRRE O., KRAMER H., AKÇA A., 2001. Análisis y monitoreo en ecosistemas mulcicohortales. Programa de manejo y conservación en recursos naturales. Retos y Posibilidades de Cooperación Científica a Nivel Regional y Suprarregional para un Desarrollo Sostenible. Seminario-DAAD. Costa Rica. En Prensa.
- KÄTSCH CH., AGUIRRE O., KRAMER H., 1992. Untersuchungen des kurzfristigen Dickenzuwachses in ungleichalten Mischbeständen Mexikos. Forstarchiv 63, 66-73.
- KÖHLER A., 1951. Vorratsermittlung in Buchenbeständen nach Stammzahldurchmesser und Stammabstand. Allgemeine Forst u. Jagdzeitung 123, 69-74.
- KRAMER H., AKÇA A., 1995. Waldmeßlehre. J.D. Sauerlander's Verlag, Frankfurt a. M., 266 pp.
- KRAMER H., SABOROWSKY J., AGUIRRE O., JIMÉNEZ J., 1997. Bonitierung ungleichaltriger Kiefernbestände im Rahmen der Forsteinrichtung Mexikos. Allgemeine Forst u. Jagdzeitung 168, 167-170.
- LÄHDE E., LAIHO O., NOROKORPI Y., SKALSA, T., 1999. Stand structure as a basis of diversity index. Forest Ecology and Management 115, 213-220.
- LAMPRECHT H., 1986. Waldbau in den Tropen. Paul Parey, Hamburg u. Berlin, 318 pp.
- MUELLER-DOMBOIS D., ELLENBERG H., 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, New York, 547 pp.
- NAGEL J., 1994. Structural Analyses of the Forest Reserve Saubrink on the Basis of a Permanent Sample Plot Data. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups S4.01-03 and S4.01-04. Lousa & Coimbra, Portugal, 81-96.
- POMMERENING A., 1997: Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in Strukturreichen Wäldern. Dissertation, Forstl. Fakultät d. Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, 150 pp.
- PRETZSCH H., 1996. Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handels. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung 1996, Nehresheim, 134-154.
- VAN LAAR A., AKÇA A., 1997. Forest Mensuration. Cuvillier Verlag, Göttingen, 418 pp.