

## **ANÁLISIS Y MONITOREO EN ECOSISTEMAS MULICOHORTALES. PROGRAMA DE MANEJO Y CONSERVACIÓN EN RECURSOS NATURALES**

Javier Jiménez P., Oscar Aguirre C.,  
Facultad de Ciencias Forestales,  
Universidad Autónoma de Nuevo León,  
México  
e-mail:jjimenez@ccr.dsi.uanl.mx

Horst Kramer, Alparslan Akça  
Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie,  
Universität Göttingen, Alemania

### **INTRODUCCIÓN**

La investigación científica en ecosistemas multicohortales, con presencia de una gran diversidad biológica y estructural, muestra la gran necesidad de efectuar estudios conjuntos sobre aspectos de caracterización, análisis y monitoreo en estas comunidades vegetales. Para llevar a cabo estos estudios ecológicos se recurrió a la formación de un grupo de investigación, donde la cooperación nacional e internacional es imprescindible. Así, mediante un convenio de colaboración científica entre Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Universität Göttingen y la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, se estableció en el año de 1995, un grupo multidisciplinario de investigadores del Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde y el Departamento de Silvicultura y Manejo Forestal.

El Objetivo principal de este grupo de investigadores es definir la sustentabilidad ecológica para los ecosistemas templado-seco de México, teniendo como prioridad el manejo, preservación y conservación de la diversidad biológica. Los resultados a la fecha muestran que a través de la aplicación de indicadores ecológicos (diversidad de especies, distribución espacial y diferenciación dimensional) y variables dasométricas (diámetro, altura, área basal, volumen y calidad de sitio), se logra caracterizar de manera cuantitativa las estructuras arbóreas en ecosistemas mixtos. El análisis estructural y el monitoreo deberán ser el fundamento para los futuros planes de manejo de recursos naturales, donde la premisa sea la sustentabilidad en estos ecosistemas, los cuales permiten la preservación de la diversidad biológica.

Actualmente, se han concluido un número significativo de publicaciones científicas nacionales e internacionales, así como la formación de recursos humanos a nivel licenciatura, maestría y doctorado, objetivo importante de este grupo de investigación internacional.

En el desarrollo de este grupo de investigación se ha contado con el apoyo del DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst), CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), CONABIO (Comisión Nacional para la Biodiversidad), FMCN (Fondo mexicano para la conservación de la Naturaleza, AvHS (Alexander-von-Humboldt-Stiftung) y PAICYT (Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica de la UANL).

## ANTECEDENTES

La presente investigación se basa en el desarrollo de un análisis sobre la estructura horizontal y vertical en especies de tipo arbóreo, ubicados en ecosistemas de forma multicohortal. Tal objetivo se fundamenta en el conocimiento sobre aspectos de caracterización estructural de ecosistemas resulta ser el soporte básico en la sustentabilidad de los recursos naturales.

El desarrollo analítico resulta ser una combinación de la enumeración total de la población y el análisis muestral, teniendo como base el sistema desarrollado por FÜLDNER (1995). La información de la medición global se utilizó para determinar la abundancia ( $N/ha$ ) y la dominancia ( $G_{1,3}/ha$ ) de las especies arbóreas, así como la homogeneidad de la población. Mediante sitios de muestreo se definió la frecuencia de las especies, el índice de diferenciación diamétrica ( $\overline{TD}$ ) y de altura ( $\overline{TH}$ ), así como el índice de mezcla de especies ( $DM$ ). Lo anterior, se efectuó para la población y para las 11 especies arbóreas definidas.

Los bosques multicohortales de *Pinus-Quercus* se distribuyen ampliamente a lo largo de la Sierra Madre Oriental en el noreste de México, perteneciendo a uno de los tipos de vegetación forestal económicamente más importantes de este país. Estos bosques logran ocupar una extensión de 27,5 millones de ha en las zonas de clima templado y frío, correspondiendo a esta superficie el 90% del aprovechamiento forestal (JIMÉNEZ y KRAMER 1991; JIMÉNEZ y KRAMER 1992).

### Diferenciación Dimensional

La diferenciación dimensional permite describir la estructura del ecosistema, teniendo como base las relaciones próximas de las demás especies arbóreas (GADOW y FÜLDNER 1992; FÜLDNER y GADOW 1994; FÜLDNER 1995; ALBERT *et al.* 1995; POMMERENING 1997). Teniendo como fundamento anterior, la diferenciación diamétrica se define como (TD), resultando ser la relación existente entre el diámetro ( $d_{1,3}$ ) y el segundo vecino próximo (es decir del individuo-muestra y el primer vecino).

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

AGUIRRE *et al.* (1998) describe nuevamente esta metodología, donde a la diferenciación en altura (TH), cuyo valor oscila entre 0,0-1,0, la subdividen en 5 grupos de diferenciación (débil: 0,0- 0,2; moderado: 0,2-0,4; claro: 0,4-0,6; fuerte: 0,6-0,8; muy fuerte: 0,8-1,0).

### Índice Porcentual de Mezcla de Especies Arbóreas

Este término fue descrito por FÜLDNER (1995), para el desarrollo del muestreo estructural. Este índice porcentual define en que proporción de los tres individuos vecinos pertenecen a la especie objeto de estudio. Esta comparación corresponde a 0 si los vecinos pertenecen la misma especie y 1 si los individuos vecinos son de especies distintas. El resultado de los sitios de muestreo puede oscilar entre 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.

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

### Abundancia, Dominancia y Frecuencia de las Especies Arbóreas

Para evaluar el significado de las especies arbóreas en la población se utilizaron los parámetros de caracterización de ecosistemas tales como, abundancia, dominancia y frecuencia, siendo éstos medidas de valoración (MUELLER y ELLENBERG 1974).

Como expresión de abundancia se recurrió al número de individuos por hectárea, 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 determinación de la dominancia. En este estudio se evaluó la

dominancia como una expresión del área basal ( $g_{1,3}$ ) de los individuos presentes dentro de los sitios de muestreo.

Para evaluar la frecuencia se utilizó la información colectada en los sitios de muestreo, donde se contabilizaron las especies presentes dentro de estos muestreos. Los resultados obtenidos de abundancia y dominancia se compararon tanto de la población como de los sitios de muestreo.

- **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

El sitio de evaluación se ubica en la Sierra Madre Oriental al sur de Iturbide, Nuevo León, México. El bosque mixto-incoetáneo se constituye de una vegetación arbórea de *Pinus pseudostrobus*, *Juniperus flaccida*, *Quercus rysophylla*, *Q. canbyi*, *Q. Laceyi*, *Q. polymorpha*, *Arbutus xalapensis*, *Juglans mollis*, *Cercis canadensis*, *Prunus serotina* y *Rhus virens* (Cuadro 1). La especie principal es *Pinus pseudostrobus*, especie arbórea importante en el noreste de México.

Para estimar los parámetros estructurales se utilizó el muestreo de FÜLDNER (1995). Partiendo de un punto al azar se colocaron los sitios de muestreo en una red de puntos, teniendo una distancia entre sitios de 20 m. El árbol próximo sirvió como árbol-muestra, midiendo los 3 individuos más cercanos. Como parámetros cuantitativos, tanto para la población como para los sitios de muestreo, fueron; número de individuos (N/ha), altura total promedio ( $\bar{h}$ ), diámetro promedio ( $\bar{d}_{1,3}$ ), área basal (G/ha) y valor de h/d (Cuadro 1 y 4).

- Cuadro 1: Parámetros cuantitativos del bosque multicohortal

Especie	N/ha	G/ha		Altura (m)				Diámetro <sub>1,3</sub> (cm)					
	abs.	abs.	rel.	$\bar{h}$	S <sub>h</sub>	S <sub>h</sub> %	min	max	$\bar{d}_{1.3}$	S <sub>d</sub>	S <sub>d</sub> %	min	max
<i>Pinus pseudostrabus</i>	169	10,73	72,4	12,9	4,2	33	4,1	24,0	26,1	11,3	43	4,8	56,0
<i>Juniperus flaccida</i>	29	1,07	7,2	8,8	5,9	67	4,8	16,3	20,0	7,1	36	6,9	37,8
<i>Quercus rysophylla</i>	38	1,33	9,0	8,7	2,9	33	4,0	18,5	19,7	7,6	39	10,1	42,8
<i>Quercus canbyi</i>	22	0,67	4,5	8,7	2,6	30	4,5	15,9	18,2	7,4	41	5,8	52,0
<i>Quercus laceyi</i>	20	0,69	4,7	9,2	3,1	34	4,6	15,8	19,7	7,1	36	6,9	37,8
<i>Arbutus xalapensis</i>	17	0,28	1,9	5,6	1,2	21	3,4	9,6	14,1	2,9	21	9,0	22,2
Otras especies *	3	0,05	0,3	9,5	2,3	24	6,3	12,0	17,0	3,0	18	13,5	22,0
Total	297	14,82	100	10,9	4,3	39	3,4	24,0	22,9	10,5	46	4,8	56,0

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

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Índice de Diferenciación Dimensional

En el cuadro 2 se muestra la distribución de los valores del índice de diferenciación diamétrica ( $\overline{\text{TDI}}$ ), subdividido en 5 grupos de diferenciación para la población y las especies en cuestión. De lo anterior se observa que el 41% de los árboles-muestra se ubican en el rango de débil y 30% en el moderado.

Cuadro 2: Diferenciación diamétrica ( $\overline{\text{TDI}}$ )

Especie	$\overline{\text{TDI}}$ (%)					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
Total	40,7	29,6	18,6	11,1		100

#### Índice Porcentual de Mezcla de Especies Arbóreas:

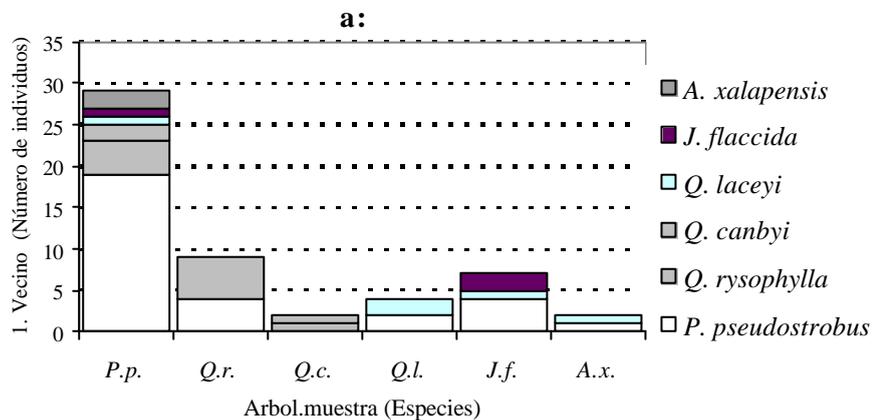
En el cuadro 3 se observa que el 33,3 % de los sitios de muestreo, los árboles vecinos pertenecen a otra especie. Sólo el 20% de los casos, todos los árboles pertenecen a la misma especie. Con *Pinus pseudostrobus* permanece sólo el 17% de los árboles-muestra de los sitios de muestreo a otra especie. Es importante observar que la mayor proporción de presencia ocurre con *Pinus pseudostrobus*, especie dominante dentro de este ecosistema forestal.

Cuadro 3: Índice de Mezcla de Especies ( $\overline{DM3}$ )

Especie	$\overline{DM3}$				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
Total	20,4	27,8	18,5	33,3	100



Fig. 1: Índice porcentual de mezcla de especies arbóreas ( $\overline{DM3}$ )



El índice porcentual de mezcla de especies arbóreas ( $\overline{DM3}$ ) no muestra que especie es el vecino próximo, solamente hace una descripción sobre la alternancia de especies dentro del ecosistema. En la figura 1 (valor absoluto) se indica el árbol-muestra de las distintas especies en comparación con su vecino próximo. Con excepción de *Quercus canbyi*, el vecino próximo es *Pinus pseudostrobus*. Para *Arbutus xalapensis* pertenecen el árbol-muestra a la misma especie. Con *P. Pseudostrobus* el 35% de los casos el vecino más cercano, por lo general es de otra especie arbórea.

### **Análisis de la Abundancia, Dominancia y Frecuencia en 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 el cuadro 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 de los valores de abundancia y dominancia. Para el ecosistema varían en forma sustancial los valores de los sitios de muestreo (+14% N/ha y +33% G/ha). Estas variaciones son mayores en determinadas especies. Estos valores pueden disminuir si se agrupan a las especies y se utilizan valores relativos, por ejemplo el género *Quercus*.

Cuadro 4: Análisis de abundancia, dominancia y frecuencia de especies

Especie	Abundancia (N/ha)		Dominancia (g = m <sup>2</sup> /ha)		Frecuencia
	abs.	rel.	abs.	rel.	rel.
1. <i>Pinus pseudostrobus</i>	183 (+08)	53,8 (-05)	13,53 (+26)	72,2 (0)	89
2. <i>Juniperus flaccida</i>	44 (+51)	12,9 (+33)	1,00 (-07)	5,3 (-26)	35
• 3. <i>Quercus rysophylla</i>	56 (+47)	16,5 (-49)	2,16 (+62)	11,5 (+28)	35
4. <i>Quercus canbyi</i>	13 (-41)	3,8 (-49)	0,15 (-78)	0,8 (-72)	17
5. <i>Quercus laceyi</i>	25 (+25)	7,4 (+10)	1,50 (+117)	8,0 (+70)	15
6. <i>Arbutus xalapensis</i>	13 (-24)	3,8 (-33)	0,25 (-11)	1,3 (-32)	20
Otras especies	6 (+100)	1,8 (+80)	0,16 (+220)	0,9 (+200)	2
TOTAL	340 (+14)	100	18,75 (+33)	100	

## CONCLUSIONES

La investigación en este ecosistema multicohortal de *Pinu-Quercus-Juniperus*, con un total de 12 especies arbóreas muestra la gran necesidad de realizar estudios sobre aspectos de caracterización y descripción de ecosistemas mixtos, haciendo énfasis en análisis las estructuras horizontales y verticales de la vegetación. Para lograr este objetivo se requiere de una combinación entre la evaluación global y mediciones muestrales. La medición total integra la numeración y posición de los individuos arbóreos, asimismo evalúa 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 especies arbóreas (DM), 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 reconocen que la población es inhomogénea, correspondiendo a la multiplicidad de especies, teniendo 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 a las condiciones climáticas, de suelo, de agregación, etc. Estos índices de diferenciación y de mezcla de especies son la base para definir la posición que guardan cada uno de los individuos localizados dentro de la población.

Este tipo de estudio deberá ser el fundamento para futuros planes de manejo de recursos naturales, donde la premisa se base en la sustentabilidad de los ecosistemas multicohortales e incoetáneos, los cuales permiten la preservación de la diversidad de especies, siendo este complejo vegetal de gran interés para la perduración de estos sistemas dinámicos en nuestro mundo.

## LITERATURA:

Aguirre, O.; Kramer, H.; Jiménez, J. 1998. Strukturuntersuchungen in einem Kiefern-Durchforstungsversuch Nordmexikos. AFJZ, im Druck.

Albert, M.; Gadow, K. v.; Kramer, H. 1995. Zur Strukturbeschreibung in Douglasien-Jungbeständen am Beispiel der Versuchsflächen Manderschied und Uslar. AFJZ 166, 205-210.

Curtis, J.T.; McIntosh, R. P. 1951. An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. Ecology 32, 3.

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 S4.01-03 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, 146S.

Gadow, K. v.; Füldner, K. 1992. Bestandesbeschreibung in der Forsteinrichtung. Tagungsbericht der Arbeitsgruppe Forsteinrichtung, Klieken bei Dessau.

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 S.

Jiménez, J.; Kramer, H. 1992. Dinámica del crecimiento de especies arbóreas en un rodal mixto-incoetáneo mediante la metodología de análisis troncal. Reporte Científico No. 31. Fac. de Ciencias Forestales, Linares, N. L., 36 S.

Kramer, H.; Akça, A. 1995. Waldmeßlehre. J.D. Sauerlander's Verlag, Frankfurt a. M., 266 S.

Lamprecht, H. 1986. Waldbau in den Tropen. Paul Parey, Hamburg u. Berlin, 318 S.

Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, NewYork, 547 S.

Pommerening, A. 1997. Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in Strukturreichen Wäldern. Dissertation, Forstl. Fakultät d. Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, 150 S.