

## DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS FORESTALES EN LA ZONA DE PROTECCION DE FLORA Y FAUNA "SIERRA DE QUILA"\*

Raymundo Villavicencio Garcia<sup>1</sup>  
Matthias Dees<sup>1</sup>  
Agustín Gallegos Rodriguez<sup>2</sup>

### Introducción

La caracterización de la vegetación es el primer paso para comprender la estructura y dinámica de un bosque, además de permitir entender aspectos ecológicos y de manejo, donde se desarrollan y/o a los cuales han sido expuestos. De acuerdo a Rondeux (1999) las diversas variables referentes a los árboles y a la estructura de los bosques están en estrecha correlación con los demás componentes del ecosistema forestal: suelo, flora y fauna, por ende, la información básica sobre los ecosistemas protegidos constituye una herramienta esencial para la implementación de medidas adecuadas en la conservación y manejo a corto, mediano y largo plazo. Las estructuras espaciales en masas forestales de formación natural son importantes especialmente para los procesos regenerativos del bosque, además de ser considerado como un factor para la determinación del hábitat y diversidad de especies (Prodan et al. 1997).

La descripción de ecosistemas forestales ha consistido comúnmente en la interpretación de variables medibles como, el diámetro, la altura o el área basal, así como, variables categóricas denominadas que resultan ser una caracterización subjetiva dependiente de la persona que realiza la estimación y por ende no son reproducibles (Füldner, 1995a; Aguirre y Jiménez, 1998). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es realizar una descripción estructural mediante índices de caracterización cuantitativa en un ecosistema forestal en la Sierra de Quila. Los índices aplicados son descritos por parámetros estimados en dos parcelas de pino-encino y sus productos comparados en composición, estructura horizontal y vertical, diferenciación diamétrica y mezcla de especies.

### Descripción del área de estudio

El trabajo se desarrolló en la Zona de Protección de Flora y Fauna (ZPFF) "Sierra de Quila", situada geográficamente entre los paralelos 20° 14' 29" y 20° 21' 55" latitud norte; 103° 57' 09" y 104° 07' 32" longitud oeste, dentro de los municipios de Tecolotlán, Tenamaxtlán, San Martín Hidalgo y Cocula en el Estado de Jalisco. Su rango altitudinal varía de 1350 a 2560 m y cubre una superficie aproximada a 15000 ha (SARH, 1993). Guerrero y López (1997) describen para la Sierra de Quila seis tipos de vegetación: bosque de pino-encino, bosque de encino, selva baja caducifolia, bosque mesófilo de montaña, bosque de galería y bosque espinoso, siendo para la ZPFF el bosque de pino-encino el principal ecosistema. En el área protegida predomina un clima templado húmedo en la meseta alta, así como, un clima caliente húmedo en la vertiente sur de la misma. La precipitación pluvial promedio es de 900 mm anuales.

### Parcelas de muestreo

Se establecieron dos parcelas con forma cuadrada, las cuales se encuentran intercaladas dentro de una red sistemática de sitios circulares permanentes, ya que en conjunto forman parte de un sistema de inventario combinado propuesto en la metodología de Meyer et al. (2001) para la evaluación estructural de bosques y su dinámica en reservas naturales. Dicho diseño de muestreo fue implementado como estudio piloto para el monitoreo permanente de los ecosistemas forestales en la ZPFF (Villavicencio, 2001; UDG-SEDER, 2002).

Para este trabajo serán únicamente consideradas las parcelas cuadradas; cada parcela cubre una hectárea de superficie (100 x 100 m) y se encuentran distantes entre una y otra 1000 m en un bosque de pino-encino. Las parcelas se subdividieron en 25 cuadrantes de 20 x 20 m y se levantaron datos dasométricos, variables cualitativas y ubicación espacial mediante una coordenada cartesiana (x,y) de todos los árboles  $\geq 7$  cm de diámetro a la altura del pecho (DAP).

\* Trabajo presentado en el V Congreso Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Guadalajara, Jalisco. México. Octubre, 17-20, 2002.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Sensores Remotos y Sistemas de Información de Paisaje. Universidad de Friburgo. Tennenbacherstr. 4 D-76106 Friburgo, Alemania. Email: [raymundo.villavicencio@felis.uni-freiburg.de](mailto:raymundo.villavicencio@felis.uni-freiburg.de); [matthias.dees@felis.uni-freiburg.de](mailto:matthias.dees@felis.uni-freiburg.de)

<sup>2</sup> Departamento de Producción Forestal del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Km 15.5 carretera GDL-Nogales. Las Agujas, Zapopan, Jal. México. 45020. Email: [gra09526@maiz.cucba.udg.mx](mailto:gra09526@maiz.cucba.udg.mx)

La parcela 1 se encuentra expuesta a la influencia de la actividad humana debido a su cercanía con una brecha de relativa afluencia, la cual comunica la parte intermedia de la ZPFF con los primeros centros de población aledaños en su límite norte; además de no estar retirada de un área provista con nacimientos de agua y ser muy concurrida por paseantes. De manera general, la composición arbórea de la parcela 1 es representada por pino (54%) alternado con encino (41%) y otras hojosas principalmente del género *Arbutus spp.* con 5%; mientras que la parcela 2, ubicada en un paraje con menor disturbio y ecológicamente más estable, esta representada con encino 67%, seguida de pino y otras hojosas con 28 y 4% respectivamente.

## Metodología

### Abundancia, dominancia e índice de importancia ecológica

La composición de especies para cada parcela se determinó de acuerdo al índice de importancia ecológica (IVI) formulado por Curtis y McIntosh (Curtis y McIntosh, 1951 cit. en Lamprecht, 1986). El índice es el resultado de la suma de los valores porcentuales de la abundancia (N/ha), la dominancia (m<sup>2</sup>/ha) y la frecuencia (N<sub>s</sub>); el valor total determina el peso ecológico de cada especie dentro de un ecosistema.

Para la estimación de los índices de agregación, diferenciación dimensional y mezcla de especies, se utilizó el método de muestreo "grupo estructural de cuatro árboles" para parcelas de muestreo completo descrito por Fuldner (1995). El método basa su principio en tomar la distancia, el diámetro y el tipo de especie de un árbol (Árbol cero) con respecto a sus tres próximos vecinos; bajo este fundamento se generó una base de datos con un programa de simulación de muestreo creado por Pommerening y Lewandowski (2000) y posteriormente se calcularon los índices estructurales para cada parcela.

### Estructura horizontal

La distribución espacial de cada árbol en la población fue obtenida del índice de agregación (R) de Clark y Evans (Clark y Evans, 1954 cit. en Pommerening, 2001). El índice se obtiene de:

$$R = \frac{\bar{r}_{observada}}{\bar{r}_{estimada}}$$

donde:

R = Índice de agregación

$\bar{r}_{observada}$  = Distancia media observada por árbol con respecto a sus próximos vecinos:  $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i$

$\bar{r}_{estimada}$  = Distancia media estimada con localización completamente al azar:  $\frac{1}{2 \cdot \sqrt{\frac{N}{A}}}$

N = número de árboles

A = superficie de área de muestreo

Los valores obtenidos de (R) tienen un límite de intervalo que va de 0 hasta 2.15, distribuyendo un resultado dado en las siguientes categorías:

R > 1 = denota una tendencia de distribución regular

R = 1 = demuestra una tendencia de distribución aleatoria

R < 1 = indica una tendencia al agrupamiento

### Estructura vertical

Para la distribución de especies en su espacio vertical, se utilizó el índice del perfil (A) de Pretzsch (1996), quién define tres estratos o pisos altitudinales en la población a fin de aplicar el índice: estrato (I) de 80 a 100% de la altura máxima de la comunidad arbórea; estrato (II) de 50 a 80% y estrato (III) de 0 a 50%. El índice se obtiene de :

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} \cdot \ln(p_{ij})$$

donde:

- S = número de especies presentes
- Z = número de estratos de altura
- $P_{ij}$  = proporción de especies en las estrato de altura  $p_{ij} = N_{ij}/N$
- $N_{ij}$  = número de individuos de la especie (i) en el estrato (j)
- N = número total de individuos

El Índice (A) registra un valor 0 hasta un valor máximo ( $A_{max}$ ). Un valor  $A = 0$  significa que la comunidad arbórea esta representada por una sola especie, además de estar constituida en un solo estrato. El valor máximo ( $A_{max}$ ) se obtiene cuando la totalidad de las especies están representadas en igual proporción en los diferentes estratos; su cálculo se determina:

$$A_{max} = \ln(S \cdot Z)$$

### Diferenciación dimensional ( $T_i$ )

La diferenciación dimensional describe la heterogeneidad en diámetro de un árbol (Árbol cero) con respecto a sus árboles vecinos en una escala continua y como base son tomadas las relaciones diamétricas de las especies (Pommerening, 2001). Para el cálculo de la diferenciación diamétrica en parcelas de muestreo completo, son sumados todos los valores de  $T_i$  por cada grupo estructural de cuatro árboles y dividido por el total de árboles en la población, la función se define como:

$$T_i = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\min(DAP_i, DAP_j)}{\max(DAP_i, DAP_j)}$$

donde:

- $T_i$  = Diferenciación diamétrica
- DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

Cuando  $T_i$  es igual a 0, se interpreta que los árboles tienen o pertenece a la misma clase de diámetro. Por lo tanto, el aumento en los valores de  $T_i$ , significa un incremento en tamaño con respecto a los árboles vecinos; definiéndose la siguiente clasificación:

- 0.0 – 0.3 = diferenciación baja o débil
- 0.3 – 0.5 = diferenciación media
- 0.5 – 0.7 = diferenciación alta
- 0.7 – 1.0 = diferenciación muy alta

### Índice de mezcla de especies ( $M_i$ )

El índice determina para cada árbol ( $i = 1...N$ ) y sus tres próximos vecinos ( $j = 1,2,3$ ) la posibilidad de que el árbol vecino no pertenezca a la misma especie (Füldner, 1995; Aguirre et al. 1998; Pommerening, 2001). Los valores  $M_i$  se determinan siguiendo:

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij}$$

donde:

- $v_{ij}$  = (0, j-avo vecino pertenece a la misma especie; 1, j-avo vecino pertenece a otra especie).

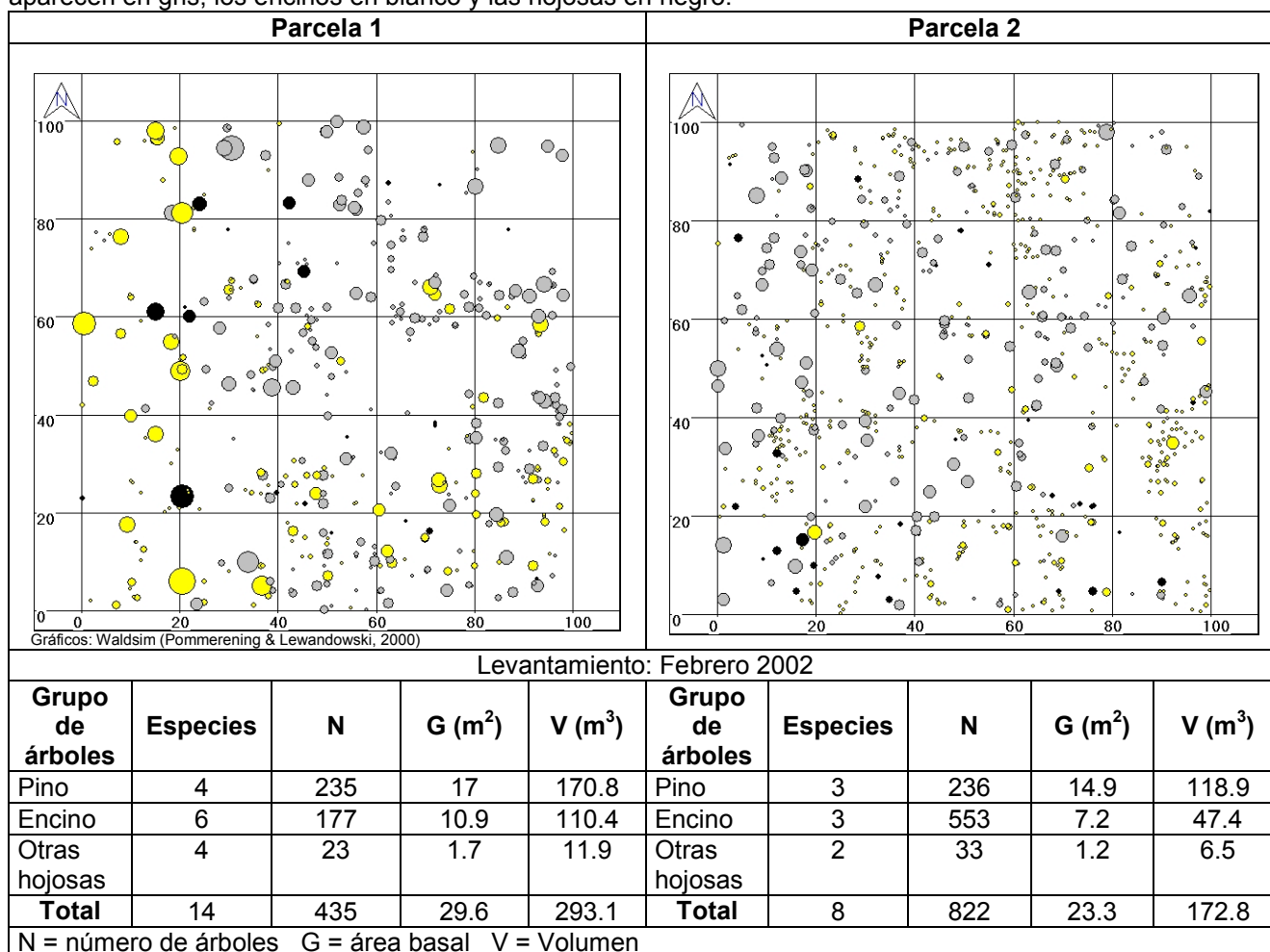
La interpretación de  $M_i$  se distribuye en cuatro categorías:

- 0.00 = todos los árboles pertenecen a la misma especie
- 0.33 = un árbol pertenece a otra especie
- 0.67 = dos de tres vecinos pertenecen a otra especie
- 1.00 = los tres árboles pertenecen a distintas especies

## Resultados y Discusiones

En la parcela 1 se registraron 14 especies y en la parcela 2 solo se obtuvieron 8. De acuerdo al coeficiente de afinidad de especies de Sørensen descrito por Magurran (1988), se estimó un índice de similitud del 73% entre ambas parcelas. La densidad del arbolado en la parcela 1 es de 435 árboles y en la parcela 2 de 822 individuos; sin embargo, esta diferencia no se refleja de igual manera en el área basal, atribuyéndose a que el 70% de los individuos en la parcela 2 se encuentran dentro de una categoría diamétrica pequeña. La tabla 1 ilustra la distribución espacial empírica del arbolado por parcela, los círculos representan el DAP (sobredimensionado); describe además los parámetros dasométricos más importantes por grupo de especies.

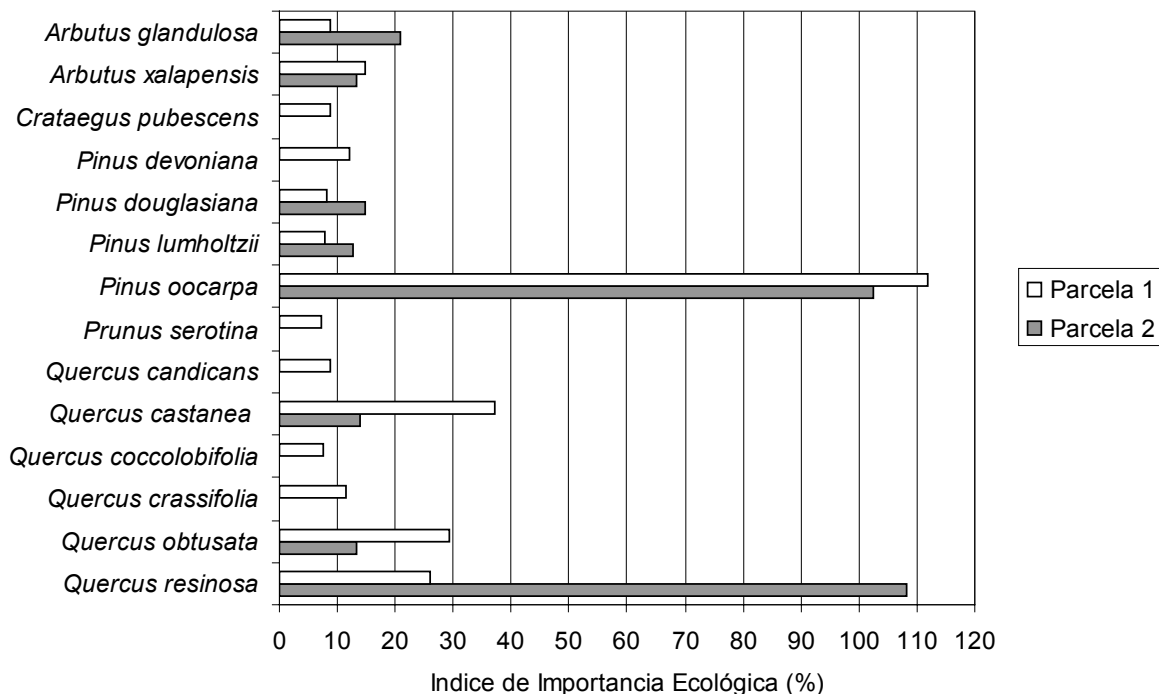
Tabla 1. Presentación gráfica y parámetros dasométricos por parcela y grupo de árboles; en el gráfico los pinos aparecen en gris, los encinos en blanco y las hojosas en negro.



## Abundancia, dominancia e índice de importancia ecológica

La composición de especies por parcela esta referida en la abundancia (N), la dominancia (m<sup>2</sup>) y la frecuencia (N<sub>s</sub>), para esta última, se estimó un valor de 7.1% para cada una de las especies en la parcela 1 y 12.5% para las especies de la parcela 2, por considerarse como áreas de dimensión única de muestreo. El índice permite interpretar las semejanzas estructurales entre especies en una población. Los resultados para la parcela 1 indican que la especie *Pinus oocarpa* tiene una amplia dominancia tanto en estado de desarrollo (G = 52%) y peso ecológico 112% del valor total del IVI, así como, en la abundancia, donde predomina con 53%, seguido de *Quercus obtusata* con 14.3% en este rubro. *Quercus castanea* es la segunda especie en importancia en esta parcela.

En la parcela 2 ocurre *Quercus resinosa* con 66% como principal especie en abundancia, seguida de *Pinus oocarpa* con 28%; sin embargo, los lugares se invierten para estas dos especies cuando se describe la dominancia en superficie que ocupa cada una de ellas, lo que significa que *Pinus oocarpa* abarca el 62% y *Quercus resinosa* el 30%, tal circunstancia responde al parejo valor de equilibrio ecológico que presentan ambas especies en esta comunidad (Figura 1).



**Figura 1.** Índice de valor de importancia ecológica en ambas parcelas.

### Estructura horizontal

Los valores obtenidos del índice de agregación de Clark y Evans para ambas parcelas superan el valor mayor a 1 ( $R > 1$ ), para la parcela 1 (1.246) y para la parcela 2 (1.23) por lo tanto, se interpreta que la distribución horizontal de los árboles tiende a ser regular.

### Estructura vertical

La distribución vertical de las especies en la parcela 1 denota una relativa homogeneidad principalmente en su último piso de altura, ya que el 45.5% de todos los árboles se ubican en un piso alto (estrato I), el 28.9 % en un piso medio (estrato II), y finalmente el 25.5 % se sitúan en el estrato III. Como especie dominante en los tres estratos sobresale *Pinus oocarpa*, además, de las 14 especies que componen esta parcela, ocurren como mínimo 10 especies por cada piso, los que generan un valor ( $A$ ) de 2.52, es decir, el 72 % correspondiente al valor ( $A_{max}$ ) obtenido para esta parcela (3.5), representando un valor porcentual alto de diversidad de especies distribuidas verticalmente en sus tres estratos.

La parcela 2 tiene una distribución de especies en el piso superior con 23.8%, en el piso intermedio 39.3% y 36.8% en el piso inferior; a pesar de ser una parcela dominada en frecuencia por encinos, su dosel superior es cubierto por *Pinus oocarpa* (73%). La tabla 2 muestra el procedimiento para la obtención del índice ( $A$ ) para la parcela 2, basado en el principio para la estimación del índice de diversidad de especies de Shannon (Pretzsch, 1996). Para este ecosistema representado por ocho especies se obtuvo que:  $A = 1.76$  y  $A_{max} = 3.0$ .

La distribución de clases de altura en la parcela 1 es semejante a una distribución bimodal producto de la dominancia del dosel superior (estrato I); para la parcela 2 su distribución es asimétrica positiva, es decir un ecosistema formado en su mayor parte por árboles de tamaño pequeño y mediano (Tabla 3).

Tabla 2. Índice de perfil vertical de especies (A) de la parcela 2.

Estrato	Especie	Número de especies	Número de árboles	Pij	Inpij	pij*Inpij
I 80-100%	<i>Arbutus glandulosa</i>	1	2	0.0024	-6.0186	-0.0146
	<i>Pinus douglasiana</i>	2	3	0.0036	-5.6131	-0.0205
	<i>Pinus oocarpa</i>	3	143	0.174	-1.7489	-0.3042
	<i>Quercus castanea</i>	4	4	0.0049	-5.3254	-0.0259
	<i>Quercus obtusata</i>	5	1	0.0012	-6.7117	-0.0082
	<i>Quercus resinosa</i>	6	43	0.0523	-2.9505	-0.1543
II 50-80%	<i>Arbutus glandulosa</i>	1	20	0.0243	-3.716	-0.0904
	<i>Arbutus xalapensis</i>	2	2	0.0024	-6.0186	-0.0146
	<i>Pinus lumholtzii</i>	3	1	0.0012	-6.7117	-0.0082
	<i>Pinus oocarpa</i>	4	63	0.0766	-2.5686	-0.1969
	<i>Quercus castanea</i>	5	2	0.0024	-6.0186	-0.0146
	<i>Quercus obtusata</i>	6	4	0.0049	-5.3254	-0.0259
	<i>Quercus resinosa</i>	7	231	0.281	-1.2693	-0.3567
III 0-50%	<i>Arbutus glandulosa</i>	1	8	0.0097	-4.6323	-0.0451
	<i>Arbutus xalapensis</i>	2	1	0.0012	-6.7117	-0.0082
	<i>Pinus oocarpa</i>	3	26	0.0316	-3.4536	-0.1092
	<i>Quercus resinosa</i>	4	268	0.326	-1.1208	-0.3654
		<b>Total</b>	822	1	<b>A =</b>	1.763
					<b>A<sub>max</sub> =</b>	3.0445

p<sub>ij</sub> = número de árboles por especie entre el total de la población, ln p<sub>ij</sub> = logaritmo natural de p<sub>ij</sub>

### Diferenciación diamétrica

El valor promedio del índice de diferenciación para la parcela 1 registró 0.43 interpretándose como una clase de diferenciación media, donde los árboles débiles muestran una dimensión de entre 50 y 70% con respecto a los árboles más fuertes, es decir, que la mayoría de los árboles poseen la misma dimensión como se demuestra el histograma para la diferenciación diamétrica en la tabla 3, donde el 50% de la población esta categorizada en el rango 0.3-0.5.

Para la población de la parcela 2 el valor promedio fue de 0.36, distribuyéndose con 40% en una categoría de diferenciación débil (0.0-0.3) y en otro 40% en una clase de diferenciación media (0.3-0.5) atribuido a la alta densidad del arbolado y por ende a su competencia. La distribución diamétrica en esta parcela representa una distribución de tipo decreciente (J-invertida), la cual es típica en rodales multietáneos, donde el número de árboles se reduce conforme aumenta el DAP; cabe destacar el alto valor de la frecuencia relativa (70%) en la categoría diamétrica menor, lo cual parece indicar que la población se encuentra en una fase de regeneración y acumulación de existencias (ver Tabla 3).

### Índice de mezcla de especies

El valor promedio del índice de mezcla de especies para la parcela 1 fue de 0.46, por lo tanto se interpreta que un árbol pertenece a otra especie; dentro de la distribución de clases muestra que un 27% del grupo estructural de cuatro árboles en la población pertenecen a una misma especie, el 51% posee uno o dos vecinos de distinta especie y solo el 21% ocurre de manera única; situación contraria sucede en la parcela 2, conformando sus grupos estructuras de manera pura con 40% y en su otro extremo solo el 14% ocurren con todos los vecinos distintos en especie (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción cuantitativa estructural e histogramas de distribuciones diamétricas, clases de altura, diferenciación diamétrica y mezcla de especies de la población por parcela.

	Parcela 1	Parcela 2
$A$	2.52 (72%)	1.76 (58.6%)
$A_{max}$	3.5 (100%)	3.0 (100%)
$R$	1.246	1.23
$T_i$	0.4254	0.361
$M_i$	0.457	0.361
<p><math>A</math> = Índice de perfil vertical; <math>A_{max}</math> = Valor máximo del perfil vertical; <math>R</math> = Índice de agregación; <math>T_i</math> = Diferenciación diamétrica; <math>M_i</math> = Índice de mezcla de especies</p>		

## Conclusiones

El patrón de la estructura horizontal en ambas parcelas presenta una tendencia a distribuirse de manera regular, sin ser demasiado significativa a la distribución aleatoria ( $R = 1$ ), aún presentándose en cada una de ellas, fases de desarrollo y posición sociológica (capacidad competitiva) diferentes.

La estructura vertical de los árboles está generalmente relacionada con el tamaño y vigor de sus copas, lo que genera diferentes ritmos de crecimiento y condiciones de competencia, tal como sucede distintamente para cada parcela, por un lado, la parcela 1 con un piso de altura dominante debido a presencia de individuos maduros y buen porte, por otro lado, ejemplares jóvenes concurrendo por espacios y caracterizando un amplio espectro de alturas; por tal motivo, se recomienda llevar a cabo el análisis dimensional en altura a fin de enriquecer la base descriptiva en la distribución vertical.

Los índices estructurales de agregación, perfil vertical, diferencia dimensional y mezcla de especies mejoran sustancialmente la descripción de ecosistemas forestales mixtos de manera cuantitativa. La aplicación de estos parámetros en la evaluación de las comunidades arbóreas permitirá reforzar los criterios en el manejo de recursos naturales y silviculturales.

## Agradecimientos

Al Comité Regional de Protección, Conservación y Fomento de los Recursos Naturales de la Sierra de Quila A.C. y la Dirección General Forestal y Fauna de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Jalisco por el acuerdo de cooperación técnica con el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara (Enero 2002). A brigadistas y estudiantes por la intensiva colecta de datos e igualmente al Departamento de Producción Forestal de la Universidad de Guadalajara por la infraestructura brindada.

## Bibliografía

- Aguirre, C. O. y Jiménez, P. J. 1998. Evaluación y análisis de la estructura de ecosistemas forestales. North American Science Symposium. Toward a Unified Framework for Inventorying and Monitoring Forest Ecosystem Resources. Guadalajara, México. pp. 416-420.
- Corral, J., Aguirre, O. y Jiménez, J. 2001. Medición de disturbio ecológico en un bosque de niebla, utilizando modelos de abundancia de especies. Memorias del V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Universidad de Guadalajara-CUCBA. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A.C. Guadalajara, México.
- Füldner, K. 1995. Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Dissertation, Forstliche Fakultät der Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen. pp. 30-38.
- Füldner, K. 1995a. Zur Beschreibung in Mischbeständen. Forstarchiv 66. pp. 235-240.
- Gadow, von K. V. 1999. Waldstruktur und diversität. Allgemeine Forst und Jagzeitung 170. pp. 117-122.
- Guerrero, N. J. J. y López, C. G. 1997. La vegetación y la flora de la Sierra de Quila, Jalisco. Universidad de Guadalajara. México. 91 p.
- Jiménez, J. Aguirre, O. und Kramer, H. 1998. Bestandesstrukturanalyse im ungleichaltrigen Kiefern-Wacholder-Eichen-Mischwald Nordostmexikos. Forstarchiv 69. pp. 227-234
- Jiménez, J. Aguirre, O. y Kramer, H. 2001. Caracterización estructural y monitoreo en ecosistemas multicohortales. . Memorias del V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Universidad de Guadalajara-CUCBA. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A.C. Guadalajara, México.
- Lamprecht, H. 1986. Waldbau in der Tropen. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin. pp 47.
- Magurran, A. 1988. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral. España. 3-9, 12, 45, 163, 167-183
- Meyer, P., Ackermann, J., Balcar, P., Boddenberg, R., Förster, B., Fuchs, H., Hoffmann, B., Keiter, W., Kölbl, M., Köthke, C., Koss, H., Unkrig, W., Weber, J. und Willig, J. 2001. Untersuchung der Waldstruktur und ihrer Dynamik in Naturwaldreservaten. IHW-Verlag 107 p.
- Pérez, F. M, Finegan, B., Delgado, D. y Louman, B. 2001. Composición y diversidad de los bosques de la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua: Una base para el manejo sostenible. Revista Forestal Centroamericana No. 24. CATIE. pp. 68-71.
- Pommerening, A. 1997. Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in Struktureichen Wäldern. Dissertation, Forstliche Fakultät der Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, 150 p.



- Pommerening, A. 2001. Describing and interpreting forest structures. Waldinventur, Waldwachstum und Forstplanung. Festschrift. Zohab-Verlag. pp. 73-89.
- Pommerening, A. und Lewandowski, A. 2000. Waldsim 3.0; Ein Programm zur Simulation von inventurverfahren und zur Auswertung von Vollerhebungen in strukturreichen Wäldern. Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde. Universität Göttingen.
- Pretzsch, H. 1996. Zum Einfluss waldbaulicher Maßnahmen auf die räumliche Bestandesstruktur. Simulationsstudie über Fichten-Buchen-Mischbestände in Bayern. Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft. Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft. Ecomed Verlag AG & Co. KG. pp. 177-199.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y Real, P. 1997. Mensura forestal. IICA/GTZ. Costa Rica. pp. 409-429.
- Rondeux, J. 1999. Inventarios forestales y biodiversidad. Unasyva No. 196. Vol. 50. FAO, Roma.
- SARH 1993. Estudio de la flora y fauna de la zona protectora forestal Sierra de Quila. Subsecretaria Forestal y de Fauna Silvestre. México.
- UDG-SEDER, 2002. Acuerdo de cooperación técnica y académica entre el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara y el Comité Regional de Protección, Conservación y Fomento de los Recursos Naturales de la Sierra de Quila A.C.- Secretaría de Desarrollo Rural (SEDER). Tecolotlán, Jalisco.
- Villavicencio, G. R. 2001. Kartierung der Vegetationsstruktur und deren Veränderung in Naturschutzgebieten des Bundeslandes Jalisco/Mexiko mit Hilfe von Inventurverfahren und Fernerkundung. Abt. Fernerkundung und LIS. Universität Freiburg. (Tesis doctoral en desarrollo).