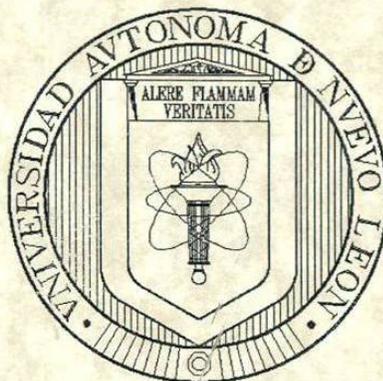


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**ESTUDIOS ECOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES EN EL BOSQUE  
MESÓFILO DE MONTAÑA "EL CIELO", TAMAULIPAS, MÉXICO.**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**PRESENTA**

**JOSÉ JAVIER CORRAL RIVAS**

**LINARES, NUEVO LEÓN**

**ENERO DEL 2002**

TM

Z59

FCF

200

C6

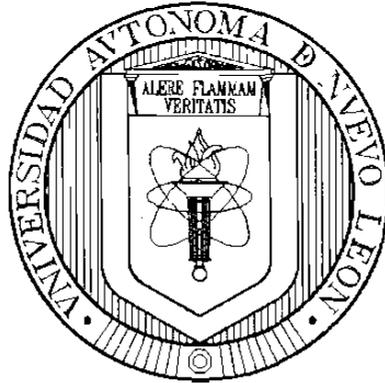


1020146932

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**ESTUDIOS ECOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES EN EL BOSQUE  
MESÓFILO DE MONTAÑA "EL CIELO", TAMAULIPAS, MÉXICO.**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**PRESENTA**

**JOSÉ JAVIER CORRAL RIVAS**

**LINARES, NUEVO LEÓN**

**ENERO DEL 2002**

TM  
E-991  
F1F  
2003  
'6



FONDO  
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**Estudios ecológicos y estructurales en el bosque mesófilo de  
montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.**

TESIS DE MAESTRÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

JOSÉ JAVIER CORRAL RIVAS

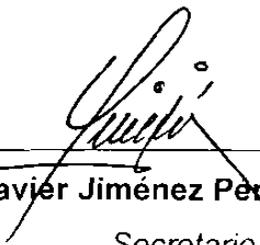
COMITÉ DE TESIS



---

Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón

*Presidente*



---

Dr. Javier Jiménez Pérez

*Secretario*



---

Ph. D. José de Jesús Nívar Cháidez

*Vocal*

LINARES, NUEVO LEÓN

ENERO DEL 2002

# DEDICATORIA

## **A MI DIOS.**

Por ofrecerme el don de la vida y que siempre está a mi lado para apoyarme en mi camino.

## **A MIS PADRES**

Por su apoyo y confianza a lo largo de mi trayectoria académica. A ellos, quienes por darme la vida merecen mi cariño y respeto.

## **A MI ESPOSA E HIJO:**

Por ser mi más grande orgullo y compartir su vida a mi lado, por su confianza y apoyo en nuestro proyecto de vida, por su amor, humildad, y ternura. Gracias Familia.

## **A MIS HERMANOS (AS)**

Pacho, Yolanda, Betillo, Mague, Sacra y Sergio, quienes nunca me han dejado de apoyar, a ellos que siempre están disponibles cuando los necesito.

## **A LA FAMILIA REZA CÁSARES:**

Por el desinteresado e invaluable apoyo que siempre me han mostrado, a ellos que cuando he estado en el extranjero, acogen y protegen a Lupita y Javiercito con nobleza y sinceridad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias Forestales a través de una beca crédito y el apoyo del proyecto 28185-B.

Al Dr. Oscar Aguirre Calderón por su amistad y amable disposición para dirigir este trabajo, por sus valiosas sugerencias que enriquecen el escrito final, gracias por brindarme incondicional apoyo.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez por su amable colaboración, por su apoyo y sugerencias que hicieron posible la realización de este trabajo.

Al Dr. José de Jesús Návar Cháidez por su amistad y disposición al formar parte de comité de tesis, por el apoyo recibido con sus valiosos comentarios y sugerencias en la revisión final de los artículos.

A Marco Quiñones, Sergio Talavera, Sr. Fidel Serrano, y Sr. Eduardo Padrón por el apoyo en el trabajo de campo.

A mis amigos del programa de maestría: El Picudito, Benji, Tala, Niko, Cota, Charles, Poisson, El Grass, Carlitos y El Biólogo que compartieron buenos y malos ratos conmigo durante mi estancia en esta Ciudad.

A todas aquellas personas que me brindaron su confianza y apoyo y que de alguna manera influyó en la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT .....	v
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	4
3. HIPÓTESIS .....	5
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
4.1. Localización del área de estudio.....	6
4.2. Límites altitudinales .....	7
4.3. Geología y suelos.....	7
4.4. Clima.....	7
4.5. Vegetación.....	8
4.6. Obtención de la información de campo.....	8
4.7. Literatura citada .....	10
5. MUESTREO DE DIVERSIDAD Y OBSERVACIONES ECOLÓGICAS DEL ESTRATO ARBÓREO DEL BOSQUE MESÓFILO DE MANTAÑA "EL CIELO", TAMAULIPAS, MÉXICO .....	12
5.1. Resumen .....	12
5.2. Summary .....	13
5.3. Introducción .....	13

5.4. Materiales y métodos.....	15
5.4.1. Descripción general del área de estudio.....	15
5.4.2. Metodología.....	15
5.5. Resultados y discusión.....	18
5.5.1. Parámetros dasométricos.....	18
5.5.2. Diversidad de especies arbóreas del bosque mesófilo de montaña.....	19
5.5.3. Ajuste de índices de diversidad.....	20
5.5.4. Índice de valor de importancia.....	24
5.6. Conclusiones.....	26
5.7. Agradecimientos.....	27
5.8. Literatura citada.....	27
6. EVALUACIÓN DE DISTURBIO ECOLÓGICO EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA “EL CIELO”, TAMAULIPAS, MÉXICO, UTILIZANDO MODELOS DE DIVERSIDAD – ABUNDANCIA DE ESPECIES.....	30
6.1. Resumen.....	30
6.2. Summary.....	30
6.3. Introducción.....	31
6.4. Materiales y métodos.....	32
6.4.1. Descripción general del área de estudio.....	32
6.4.2. Metodología.....	32
6.5. Resultados y discusión.....	34
6.5.1. Descripción dasométrica.....	34
6.5.2. Ajuste de los modelos de diversidad – abundancia.....	34
6.6. Conclusiones.....	39
6.7. Agradecimientos.....	40
6.8. Literatura citada.....	40
7. COMPARACIÓN ESTRUCTURAL DE DOS PARCELAS CON DIFERENTE HISTORIAL DE MANEJO EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA “EL CIELO”, TAMAULIPAS, MÉXICO.....	42

7.1. Resumen .....	42
7.2. Summary .....	43
7.3. Introducción .....	43
7.4. Materiales y métodos.....	45
7.4.1. Descripción general del área de estudio.....	45
7.4.2. Metodología .....	45
7.4.2.1. Índices aplicados .....	46
7.5. Resultados y discusión .....	51
7.5.1. Descripción dasométrica.....	51
7.5.2. Estructura de especies .....	51
7.5.3. Estructura espacial .....	52
7.5.4 Estructura dimensional .....	55
7.6. Conclusiones .....	61
7.7. Agradecimientos .....	61
7.8. Literatura citada .....	63

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 5.1. Parámetros ecológicos de dos parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas México .....	25
Cuadro 6.1. Clave de las especies encontradas en dos parcelas experimentales de b.m.m. en “El Cielo”, Tamaulipas, México.....	39
Cuadro 7.1. Ecuaciones de los índices utilizados .....	47
Cuadro 7.2. Características dasométricas de la P <sub>1</sub> encontradas en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.....	52
Cuadro 7.3. Características dasométricas de la P <sub>2</sub> encontradas en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.....	53
Cuadro 7.4. Clave de las especies encontradas en dos parcelas experimentales de b.m.m. en “El Cielo”, Tamaulipas, México.....	58
Cuadro 7.5. Distribución vertical de las especies de acuerdo al número de árboles y área basal, de dos parcelas experimentales en el bosque mesófilo de montaña en “El Cielo”, Tamaulipas, México.....	59

## LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 4.1. Ubicación geográfica del área de estudio .....	6
Figura 4.2. Parcela experimental 1, en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México .....	9
Figura 4.3. Parcela experimental 2, en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México .....	10
Figura 5.1. Curvas especie - área de las parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México .....	20
Figura 5.2. Relación entre la superficie de muestreo en parcelas y en transectos de los índices de Margalef a), Menhinck b) y Shannon c). Media y límites de confianza al 95%, en dos parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México .....	22
Figura 5.3. Relación entre la superficie de muestreo en parcelas y en transectos de los índices de, Equitatividad de Shannon d), Dominancia de Simpson e) y Dominancia de McIntosh f). Media y límites de confianza al 95%, en dos parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México .....	23
Figura 5.4. Relación entre la superficie de muestreo en parcelas y en transectos del índice de Uniformidad de McIntosh g). Media y límites de confianza al 95%, en dos parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México .....	24
Figura 6.1. Ajuste de los modelos de diversidad - abundancia de especies. Serie Geométrica (a), Serie Logarítmica (b) en cuadrantes y transectos en función del área de muestreo y su comparación con la curva de hipótesis nula, en dos	

parcelas experimentales de bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México .....	36
Figura 6.2. Ajuste de los modelos de diversidad - abundancia de especies. Normal Logarítmica Truncada (a) y Barra Rota (b) en cuadrantes y transectos en función del área de muestreo y su comparación con la curva de hipótesis nula, en dos parcelas experimentales de bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México .....	37
Figura 6.3. Ajuste de cuatro modelos de diversidad y abundancia a la superficie total de dos parcelas experimentales de bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México .....	38
Figura 7.1. Distribución y comparación de los valores del índice de distancias ( $D_i$ ) y del grado de Mezcla ( $M_i$ ) de dos parcelas experimentales en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.....	54
Figura 7.2. Distribución y comparación del Índice de Gadow (izquierda) y coeficiente de homogeneidad $H$ para el área basal (derecha), en dos parcelas experimentales en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.....	55
Figura 7.3. Distribución de los valores del grado de diferenciación ( $TD_i$ izquierda y $TH_i$ derecha) para dos parcelas experimentales en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.....	56
Figura 7.4. Distribución vertical de las especies de acuerdo a su proporcionalidad de zona de altura por estrato y su porcentaje del área basal total.....	62

## **ESTUDIOS ECOLÓGICOS Y ESTRUCTURALES EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA “EL CIELO”, TAMAULIPAS, MÉXICO.**

### **RESUMEN**

En este trabajo se presentan resultados de tres estudios realizados sobre el estrato arbóreo en dos parcelas experimentales con características ecológicas similares pero con diferente historial de manejo en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México. En primer termino se ajustaron siete índices de diversidad de especies sobre el estrato arbóreo en cuadrantes y transectos de diferente tamaño, y se realizó el análisis de los parámetros ecológicos abundancia, dominancia, frecuencia e índice valor de importancia relativa de cada una de las especies arbóreas. En la segunda investigación se evaluó el disturbio ecológico y la etapa sucesional de ambas fracciones, ajustando cuatro modelos de diversidad-abundancia en dos diferentes esquemas de muestreo. Finalmente se realizó una comparación estructural que permitiera conocer el impacto de los aprovechamientos forestales sobre la diversidad, el ordenamiento espacial y la estructura dimensional de los árboles en este tipo de ecosistema.

## SUMMARY

### ECOLOGICAL AND STRUCTURAL STUDIES IN THE CLOUD FOREST “EL CIELO”, TAMAULIPAS, MÉXICO.

This work shows the results of three studies realized about the tree strata of two experimental plots with similar ecological characteristics but with different history of forest management in the cloud forest, “El Cielo”, Tamaulipas, México. In first term were fitting of seven diversity species indexes on the tree estrata in quadrants and transects of different size, as well as presenting the analysis of ecological parameters, abundance, dominance, frequency and relative importance value of each specie. In the second research was assessed the ecological disturbance and the sucesinal stage for both fractions with the fitting of four species abundance models in two different sample schemes. Finally was realized a structural comparison with the purpose of to know if the forest utilization modifies the species structure, the spatial structure and the dimensional structure of the trees in this ecosystem types.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

El concepto de bosque mesófilo de montaña como se maneja actualmente fue propuesto por Rzedowski (1978), como un enfoque sintético para una serie de comunidades vegetales que se caracterizan por prosperar en lugares donde prevalece un clima húmedo y a la vez fresco.

Este bosque se caracteriza por la presencia de una mezcla de elementos tropicales y templados en su estrato arbóreo. Se considera importante por poseer una alta diversidad biológica (Rzedowski, 1996 y Chaverri, 1998) y alberga a 8.3 veces más especies que los bosques de coníferas y encinos que cubren una extensión 18.4 veces superior (Flores y Gerez, 1994). La conservación de los bosques mesófilos se toma cada vez más importante debido a la fuerte disminución en su extensión, la cual se estima que abarca mucho menos de la mitad de sus áreas originales (Rzedowski, 1996 *in* Cavazos, 2000).

El bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera "El Cielo", localizado en la región de Gómez Farías, Tamaulipas, constituye el límite norte en la distribución de este tipo de comunidades vegetales en el país (Rzedowski, 1978). En este bosque se han desarrollado diversos trabajos como los de Sharp *et al.* (1950), Hernández X. *et al.* (1951), Puig *et al.* (1983), Puig y Bracho (1987) y Puig (1993), entre otros.

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento sobre la ecología y la estructura del estrato arbóreo de esta comunidad vegetal, mediante el desarrollo de tres diferentes sobre el estrato arbóreo, generando propuestas metodológicas que permitan en el futuro un manejo adecuado de este tipo de vegetación.

En una primera etapa se presenta el ajuste de siete índices de diversidad de especies sobre el estrato arbóreo en cuadrantes y transectos de diferente tamaño; así como el análisis de los parámetros ecológicos abundancia, dominancia, frecuencia e índice valor de importancia relativa (Capítulo V). Lo anterior con la finalidad de contribuir a encontrar sistemas de muestreo y medidas eficientes para estimar la diversidad, así como también obtener un grado aceptable de predicción del papel ecológico que tienen las especies que conforman este tipo de comunidades vegetales.

El segundo trabajo evaluó el disturbio ecológico y estadio sucesional de dos parcelas experimentales con diferente historial de manejo utilizando cuatro modelos de abundancia de especies (Capítulo VI). Los modelos propuestos se consideran como los más importantes para describir situaciones donde existe una alta uniformidad o bien situaciones donde la abundancia de las especies es completamente irregular. De tal manera que a través de las condiciones presentes de diversidad – abundancia en las áreas evaluadas, es posible inferir sobre el grado de disturbio así como del estadio sucesional en que se encuentran. Las ecuaciones usadas fueron la serie geométrica, en la que unas cuantas especies dominan la comunidad, la serie logarítmica y normal logarítmica, en donde las especies con dominancia intermedia son más comunes y el modelo de la barra rota que representa una situación donde las especies tienen la misma abundancia.

Finalmente integrando el tercer estudio con la información dasométrica y la ubicación espacial de los árboles dentro de las parcelas, se realizó una investigación cuyo

objetivo principal fue conocer si los aprovechamientos forestales modifican la estructura de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional en este tipo ecosistemas forestales (Capítulo VII). Para ello fue necesario el empleo de una serie de índices o variables que reflejan las características estructurales en pequeñas superficies o rodales de las masas arbóreas. La *diversidad de especies*, entendida como la variabilidad de especies arbóreas presentes, se evaluó con el ajuste de índices de diversidad; el *grado de diferenciación*, es un índice que se cuantificó a través de las diferencias en tamaño de los árboles que conviven en las dos fracciones; el *grado de mezcla* que consideró los patrones en que los árboles de diferentes especies se interrelacionan y mezclan y la *agregación* que describió como se distribuyen los árboles sobre el terreno analizando sus distancias.

## **CAPITULO II**

### **OBJETIVOS**

1. Probar diferentes esquemas de muestreo para determinar su eficiencia en la estimación de los índices de diversidad de Margalef, Menhinick, Shannon , Simpson, McIntosh, Equitatividad de Shannon y Uniformidad de Mcintosh.
2. Estimar la importancia ecológica de las especies arbóreas de las comunidades muestreadas.
3. Ajustar los modelos de diversidad y abundancia de la Serie Geométrica, Barra rota, Serie logarítmica y Normal Logarítmica truncada en función del área del bosque mesófilo de montaña.
4. Estimar los índices estructurales que caractericen la estructura de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional del estrato arbóreo de este ecosistema forestal.
5. Aportar conocimientos que permitan en el futuro un manejo adecuado de este tipo de vegetación.

### **CAPITULO III**

#### **HIPÓTESIS**

1. Existen diferencias significativas en los esquemas de muestreo, para determinar el valor de los índices de diversidad ajustados en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.
2. Los parámetros ecológicos abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia permiten comparar el peso ecológico de las especies dentro de este tipo de comunidad vegetal.
3. La diversidad y abundancia del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña se modifica con los aprovechamientos forestales.
4. Los aprovechamientos forestales tienen un impacto sobre la estructura de especies, espacial y dimensional de los árboles en este tipo de ecosistema.

## CAPITULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 4.1. Localización del área de estudio.

El estudio se realizó en el bosque mesófilo de montaña de La Reserva de la Biósfera "El Cielo" (Fig. 4.1), localizado en el Suroeste del Estado de Tamaulipas, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental conocidas como Sierra de Cucharas y Sierra Chiquita. Comprende gran parte de municipio de Gómez Farías y ciertas extensiones de los de Jaumave y Llera. Está limitada por los paralelos  $23^{\circ} 12'$  y  $23^{\circ} 03' N$ , el meridiano  $99^{\circ} 18'$  y la curva de nivel de los 200 msnm al Este.

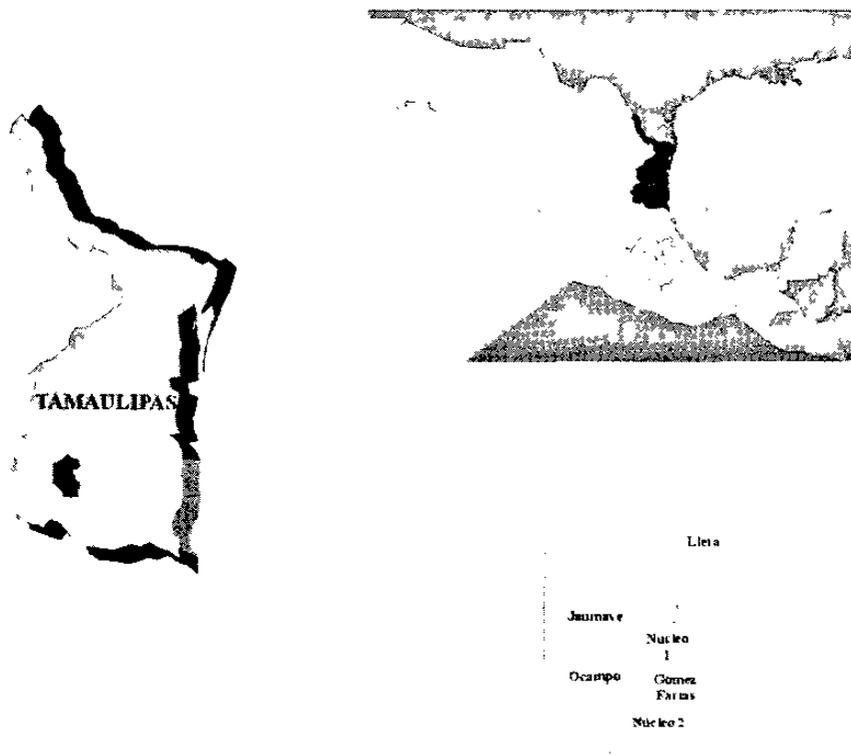


Figura 4.1. Ubicación geográfica del área de estudio.

La vía de comunicación más importante es la carretera 85 Ciudad Mante – Ciudad Victoria, en la cual entronca la carretera 5 que va hacia Gómez Farías, principal poblado de la Zona.

#### **4.2. Límites altitudinales.**

Los límites altitudinales del bosque mesófilo de montaña "El Cielo" se encuentran entre 800 y 1500 msnm y abarcan un área de 100 km<sup>2</sup>. Conforman una franja hacia la población de Alta Cima. Alcanza su límite N en la región de Monte Carlo donde se presenta, principalmente, en el interior de cañadas húmedas (Puig y Bracho, 1987).

#### **4.3. Geología y suelos.**

En el aspecto edáfico Sosa y Bracho (1987 *in* Puig 1987), reportan fundamentalmente litosoles (negros), rendzinas (negras) y luvisoles crómicos (negros).

#### **4.4. Clima.**

En relación con los climas, en la Reserva se presentan cuatro tipos (García, 1973):

- 1) Semicálidos subhúmedos y subhúmedos con lluvias en verano [(A)C(w1), (A)C(w0) y (A)C(m)(w)], localizados fundamentalmente en la vertiente oriental de la Sierra de Cucharas (Selva Mediana Subcaducifolia, ecotono Selva-Bosque Mesófilo y Encinares de la parte sur).

- 2) Templados subhúmedos con lluvias en verano [C(w1)] localizados en la misma vertiente pero a mayor altitud (Bosque Mesófilo, de Pino, de Encino y cañadas de la parte norte).
- 3) Semisecos semicálidos (BS1hw) localizados en la parte norte (Encinares secos, municipio de Jaumave).
- 4) Secos [BSO(h')hw y Bsohw] localizados en la vertiente noroccidental (Matorral Xerófilo, municipio de Jaumave).

#### **4.5. Vegetación.**

El bosque mesófilo presenta cuatro estratos verticales, dominando en el dosel superior (15-25 m) *Liquidambar styraciflua*, *Acer skutchii*, *Fagus mexicana*, *Quercus germana*, *Quercus xalapensis* etc. En el segundo estrato (12 y 15 m) se encuentran especies como *Carya mexicana*, *Junglas mollis*, *Magnolia schideana* entre otros. Los estratos arbustivo y herbáceo son muy densos y presentan una gran variedad de trepadoras (Puig y Bracho, 1987).

#### **4.6. Obtención de la información de campo.**

Para el desarrollo de los tres diferentes trabajos de investigación se realizó una minuciosa selección de dos parcelas permanentes de muestreo con características ecológicas similares de bosque mesófilo de montaña, pero con diferente historial de manejo. La parcela 1 (P1), con el menor grado de perturbación posible y una superficie de 3150 m<sup>2</sup> (Fig. 4.2) y la parcela 2 (P2), con evidencia de que existieron aprovechamientos forestales hace aproximadamente 15 años y 5100 m<sup>2</sup> de superficie

(Fig. 4.3). Se obtuvieron en cada parcela de todos los árboles con  $d_{1.3m} \geq 5$  cm las variables dasométricas: especie, diámetro (cm), altura total (m), altura de fuste limpio (m), radios de copa (m) y ecológicas como la ubicación espacial de cada árbol en el sitio a través de sus coordenadas.

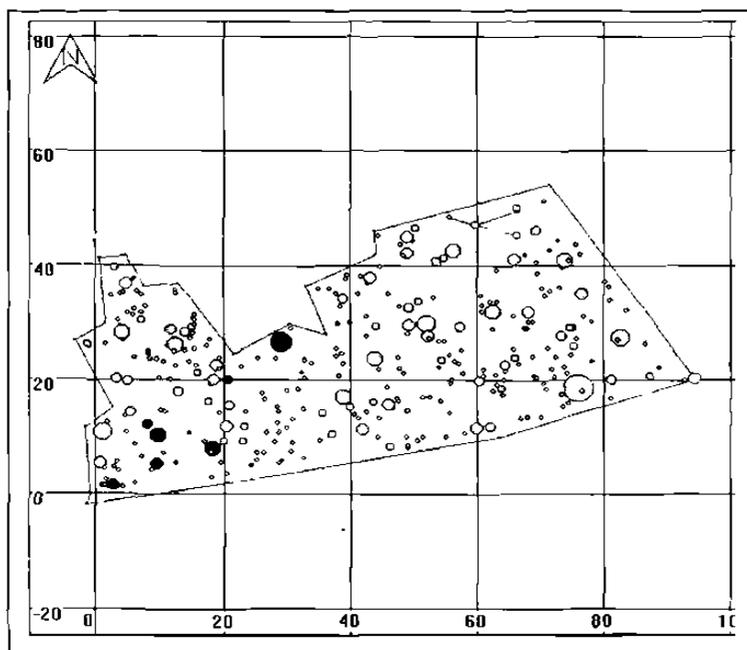


Figura 4.2. Parcela experimental 1, en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.

En los siguientes capítulos se incluyen los tres estudios realizados en el marco de este trabajo, detallándose las particularidades metodológicas y los resultados correspondientes.

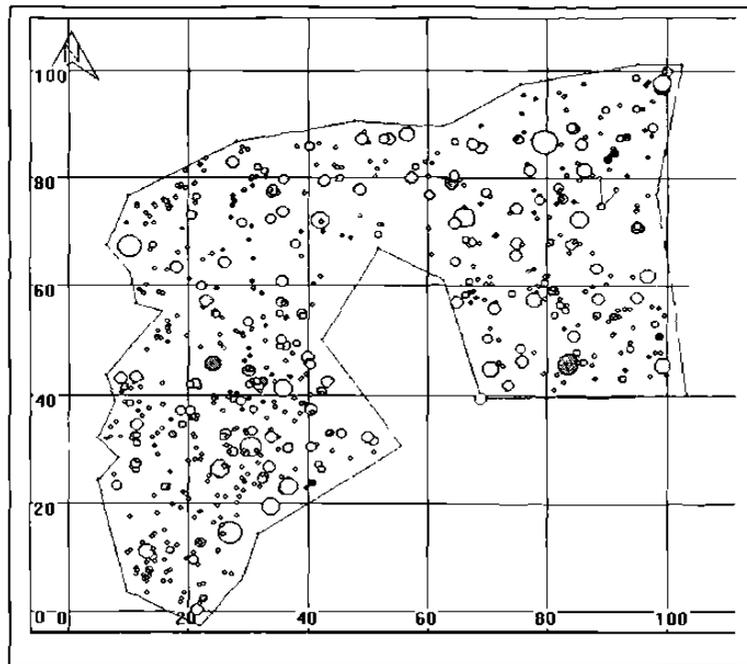


Figura 4.3. Parcela experimental 2, en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.

#### 4.7. LITERATURA CITADA

- CAVAZOS, C. 2000. Evaluación del Bosque mesófilo de montaña de San Carlos, Tamaulipas, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N. L., México.
- CHAVERRI, P. A. 1998. Las montañas, la diversidad biológica y su conservación *Unasyva*: 1995, vol. 49:47-54.
- FLORES, V.O Y GEREZ, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México, vertebrados, vegetación y uso del suelo (2ª ed). Comisión Nacional para el

Conocimiento y uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma de México.

GARCIA, E. 1973. *Mosidificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.*

Instituto de Geografía de la UNAM. México, D.F.

HERNANDEZ, X. E; H. GRUM, W.B. P; SHARP, A.J. 1951. A unique vegetation area in  
*Tamaulipas. Bull. Torrey Bot. Club* 78(6): 458-463.

PUIG, H.; BRACHO, R. 1987. El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Instituto  
de Ecología. México, D.F., 186 p.

PUIG, H.; BRACHO, R.; V. SOSA. 1983. Composición florística y estructura del bosque  
mesófilo en Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Biotica* 8(4): 339-359.

PUIG, H. 1993. Arboles y arbustos del bosque mesófilo de montaña de la reserva de la  
biósfera "El Cielo", Tamaulipas. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, ver., México.  
84 p.

RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México.* Limusa. México.

RZEDOWSKI, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos  
de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35, 25-44.

SHARP, A.J; E. HERNANDEZ, X; H. GRUM; W.B.FOX. 1950. Nota florística de una  
asociación importante del suroeste de Tamaulipas, México. *Bol. Soc.  
Bot. Méx.* 11: 1-14.

## SAMPLING DIVERSITY AND DESCRIBING THE ECOLOGY OF TREE STRATA IN THE CLOUD FOREST “EL CIELO”, TAMAULIPAS, MÉXICO.

### 5.2. SUMMARY

This research aimed at fitting of seven species diversity indexes of the tree strata in quadrants and transects of different size, as well as presenting the analysis of ecological parameters, abundance, dominance, frequency and relative importance *value*. The results showed that is a mixed and unevenaged forest with a density over 1000 trees ha<sup>-1</sup> and more than 30 tree species. The sample schemes showed significant differences in the estimation of diversity, with transects providing the best estimates in the average diversity in both plots with smaller area. Several diversity indexes showed also significant differences in plots of different sizes and forms. The indices of Shannon, Margalef and McIntosh were more sensitive to changes in plot size and shape. The ecological parameters of abundance, dominance, frequency and relative importance value pointed out that species with the highest ecological importance of this community were *Quercus sartorii*, *Liquidambar styraciflua* and *Carya ovata*.

**KEYS WORDS:** Species diversity indexes, quadrants, transects, Relative Importance Value.

### 5.3. INTRODUCCIÓN

La diversidad ha sido un tópico cada vez más importante dentro de las discusiones de sustentabilidad a partir de la década pasada; sin embargo la importancia de mantener la

diversidad de los ecosistemas forestales se reconoce desde hace muchos años (Swindel, *et al.*, 1984; Schuler, 1998 *in* Neumann y Starlinger, 2001). Aunque el término diversidad es ampliamente utilizado, existen varias propuestas para definirlo (Hurlbert, 1971; Magurran 1989 y Kaennel, 1998). El concepto de "diversidad biológica" se entiende como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprendiendo la diversidad de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (IPCC, 1995). El ajuste de índices de diversidad de especies constituye una herramienta para describir la estructura de la diversidad de especies (Magurran, 1989); sin embargo, los métodos de medición siguen siendo materia de discusión (MOPT, 1985; Magnussen y Boyle, 1995).

Por otro lado, el comportamiento ecológico o temperamento se puede entender como el conjunto de estrategias de reproducción y crecimiento que una especie presenta y que la hace capaz de permanecer en un sitio determinado. Generalmente estas estrategias son la respuesta evolutiva de la especie ante los elementos ambientales físicos y bióticos. Con la obtención del índice de valor de importancia, a través de la integración de los valores relativos de abundancia, dominancia y frecuencia para cada especie arbórea, es posible inferir el desarrollo, la ecología y la adaptación de una especie dentro de una comunidad determinada. Es de esperarse que aquellas especies pioneras (favorecidas por la luz) aumentan el valor de importancia después de la intervención, las tolerantes deben disminuirlo y las nómadas pueden tener un comportamiento irregular (Lozada y Arends, 2000).

Existen numerosos trabajos realizados para describir la estructura y diversidad de especies de bosques mesófilos de montaña y algunos de ellos hacen observaciones ecológicas de sus especies (Cao *et al.*, 1997; Cavalier y Tobler, 1998; Vázquez y Givnish, 1998 y Condit, *et al.*, 1996). La mayoría de éstos han considerado solamente los índices de Shannon y Simpson y no presentan información referente a esquemas

de muestreo y su eficiencia en la determinación de la diversidad. Los objetivos de este trabajo fueron ajustar siete índices de diversidad en función del área y en dos esquemas de muestreo diferentes; encontrar aquellos índices que mejor describan la diversidad y determinar la importancia ecológica de las especies arbóreas de dos fracciones de bosques mesófilo de montaña (b.m.m) en "El Cielo", Tamaulipas, México con diferente historial de manejo. Con ello se contribuirá a desarrollar sistemas de muestreo y medidas eficientes para estimar la diversidad, así como también a lograr un grado razonable de predicción del papel ecológico que tienen las especies que conforman este tipo de comunidades vegetales.

## **5.4. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **5.4.1. Descripción general del área de estudio**

El estudio se realizó en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biósfera "El Cielo", localizado en el suroeste del estado de Tamaulipas, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental conocidas como Sierra de Cucharas y Sierra Chiquita. Comprende gran parte de municipio de Gómez Farías y ciertas extensiones de los municipios de Jaumave y Llera. Está limitado por los paralelos 23° 12' y 23° 03' N, el meridiano 99° 18' y la curva de nivel de los 200 msnm al este (Puig y Bracho, 1987).

### **5.4.2. Metodología.**

Para cumplir con los objetivos planteados se seleccionaron dos parcelas de muestreo con características ecológicas similares de b.m.m. La parcela 1 ( $P_1$ ) con el menor grado

de perturbación posible y una superficie de 3150 m<sup>2</sup> y la parcela 2 (P<sub>2</sub>) con evidencia de que existieron aprovechamientos forestales hace aproximadamente 15 años Serrano (2000)<sup>1</sup> y 5100 m<sup>2</sup> de superficie. En cada parcela se obtuvieron de todos los árboles con  $d_{1.3m} \geq 5\text{cm}$ , las variables dasométricas: especie, diámetro normal (cm), altura total (m) y como una variable ecológica la ubicación espacial de cada árbol en el sitio a través de sus coordenadas. Con tal ubicación de los árboles dentro de las parcelas fue posible mediante el uso de programas de cómputo desarrollados en este trabajo, dividir las parcelas en cuadrantes de: 5x5 m, 5x10 m, 10x10 m, 15x15 m, 20x20 m, 25x25 m, 30x30 m, 35x40 m y en transectos de: 0.50x80 m, 1x80 m, 1.5x80 m, 2x80 m, 2.5x80 m, 3x80 m, 3.5x80 m, 4x80 m, 4.5x 80 m y 5x80 m tanto verticales como horizontales. En cada tamaño de cuadrante y transecto se estimaron los siete índices de diversidad bajo la metodología descrita por Magurran (1989), obteniéndose su promedio y sus intervalos de confianza con una probabilidad  $(1-\alpha)=95\%$ . Dos de ellos basados en la riqueza de especies: Margalef y Menhinic, dados por los modelos [1] y [2] respectivamente. Los índices de diversidad y equitatividad de Shannon, basados en la abundancia proporcional de las especies, descritos por los modelos [3] y [4]. Finalmente los índices de Simpson, McIntosh, y Uniformidad de McIntosh como medidas de dominancia, y definidos por los modelos [5], [6] y [7].

a) Índice de Margalef:

$$D_{Mg} = (S-1) \ln N \quad [1]$$

b) Índice de Menhinick:

$$D_m = S \cdot N \quad [2]$$

c) Índice de Shannon:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad [3]$$

<sup>1</sup> Comunicación personal Sr. Fidel Serrano Garay de la comunidad de Alta Cima

d) Índice de Equitatividad o uniformidad de Shannon:

$$E = \frac{H'}{\ln(S)} \quad [4]$$

e) Índice de Simpson:

$$D = \sum P_i^2 \quad [5]$$

f) Índice de McIntosh (Mc1):

$$Mc1 = \frac{N - U}{N - N} \quad [6]$$

g) Uniformidad de McIntosh (Mc2):

$$Mc2 = \frac{N - U}{N - N / S} \quad [7]$$

Donde: S = número de especies colectadas; N = Número total de individuos sumando todas las especies;  $P_i$  = abundancia proporcional de la i-esima especie;  $U = \sum n_i^2$  y  $n_i^2$  = número de individuos de la especie  $i$  al cuadrado.

La prueba de hipótesis sobre la similitud o diferencia en la diversidad - abundancia entre las dos parcelas de muestreo se calculó con el método de  $t$  de Hutcheson (1970) in Magurran (1989) dado por el modelo [8]:

$$t = \frac{H_1 - H_2}{(\text{Var}H_1 + H_2)^{1/2}} \quad [8]$$

Donde:  $H_{1,2}$  = índices de Shannon en las parcelas 1 y 2;  $\text{Var} H_1$  y  $H_2$  = varianza del índice de Shannon en parcelas 1 y 2. Con grados de libertad dados por la ecuación [9].

$$df = \frac{(\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2)^2}{(\text{Var}H_1)^2 / N_1 + (\text{Var}H_2)^2 / N_2} \quad [9]$$

Donde:  $N_1$  y  $N_2$  = número total de individuos en las parcelas 1 y 2.

Se usó exclusivamente el índice de Shannon en las comparaciones estadísticas, ya que fue el único para el que se estimó la varianza.

El índice de valor de importancia (IVI) se obtuvo para cada especie en ambas parcelas, bajo la metodología de Curtis y McIntosh, (1951 *in* Lamprecht, 1990), mediante la siguiente ecuación y empleando sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup> en la estimación de la frecuencia.

$$IVI = \text{Densidad}_r + \text{Dominancia}_r + \text{Frecuencia}_r$$

$\text{Densidad}_r$  = Número de individuos de la especie  $i$  ha<sup>-1</sup>/Número total de individuos ha<sup>-1</sup> (Valor en %);  $\text{Dominancia}_r$  = Área basal de la especie  $i$  ha<sup>-1</sup>/Área basal muestreada ha<sup>-1</sup> (Valor en %) y  $\text{Frecuencia}_r$  = Presencia de la especie  $i$  en los sitios de muestreo/Número total de sitios de muestreo (Valor en %).

## 5.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.5.1. Parámetros dasométricos

Las parcelas evaluadas del bosque mesófilo de montaña objeto de estudio, presentaron diferentes características dasométricas. En la  $P_1$  se encontraron 22 especies arbóreas y en la  $P_2$  29, compartiendo 18 especies de un total de 33. Se obtuvo una densidad de 1024 y 1298 individuos ha<sup>-1</sup> para la  $P_1$  y  $P_2$ , respectivamente, lo que indica que es un bosque denso. Las especies más abundantes fueron *Liquidambar styraciflua*, *Ostrya virginiana*, *Carya ovata*, *Quercus sartorii* y *Podocarpus reichei*. Cada una de estas especies con más de 100 individuos ha<sup>-1</sup>. El gran número de individuos de *Liquidambar*

*styraciflua* ( $410 \text{ ha}^{-1}$ ) encontrados en la  $P_2$  que corresponden al 31.5% y 45.3% de la abundancia y dominancia total respectivamente, se atribuye a la tala que se practicó en algún tiempo en esa área, ya que abrió en el dosel espacios que permitieron la entrada de mayor cantidad de luz, que favoreció el desarrollo de esta especie. Al respecto Rzedowski (1978) menciona el carácter heliófilo de la misma y que su desarrollo puede ser utilizado como un indicador de perturbación del sitio.

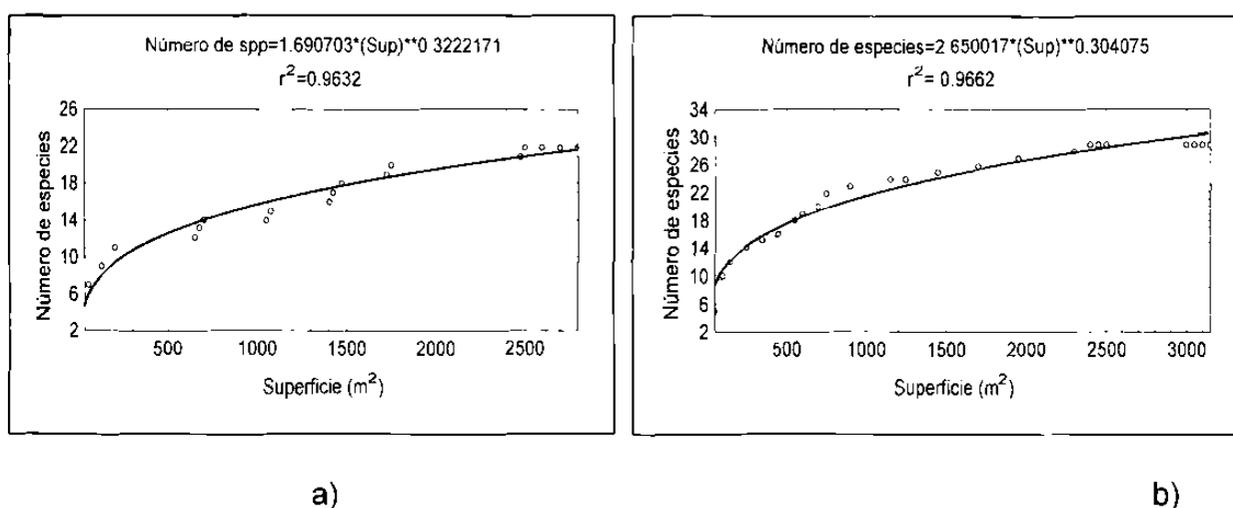
Las especies *Quercus sartorii* y *Quercus germana* presentaron los más altos porcentajes de área basal (26.7 y 11.6 %) respectivamente en la  $P_1$ , a pesar de presentar valores menores densidad que otras especies, lo cual sugiere que esas especies tienen un importante valor ecológico dentro de la comunidad (Lamprecht, 1990).

### **5.5.2. Diversidad de especies arbóreas del Bosque Mesófilo de Montaña.**

La diversidad de especies arbóreas de esta comunidad vegetal se incrementó en forma de potencia con la superficie muestreada al utilizar sitios de muestreo de  $100 \text{ m}^2$ , como se observa gráficamente en las curvas de especies - área (Fig.5.1.(a) y (b)). Siguiendo la propuesta de Cain y Olivera Castro (1959 *in* Lamprecht, 1990), se deduce que en ambas parcelas el área florística mínima de muestreo se encuentra entre los  $2400$  y  $2500 \text{ m}^2$ , pero sin que exista una estabilización total, ya que la pendiente es alta e indica que para un estudio de mayor superficie dentro de esta comunidad vegetal el área florística mínima de muestreo seguramente será superior a la encontrada en este estudio debido a una mayor variación espacial y con ello la aparición de otras especies. Graciano (2000) en un estudio en bosques templados de Durango, encontró el área mínima de muestreo a  $500 \text{ m}^2$  y Cavazos (2000), en su inventario de  $120 \text{ ha}$  de b.m.m en San Carlos, Tamaulipas halló una estabilización en la aparición de nuevas especies

a los 2000 m<sup>2</sup> utilizando sitios de muestreo de 500m<sup>2</sup>; lo que señala que se trata de bosques menos diversos que el de este estudio.

La prueba de similitud o diferencia en la diversidad entre las parcelas de muestreo, medida a través del índice de Shannon ( $H'P_1 = 2.45$  y  $H'P_2 = 2.32$ ) mostró diferencias significativas en términos de diversidad y abundancia del estrato arbóreo ( $p \leq 0.05$ ), de lo que se deriva que los aprovechamientos que existieron en la parcela 1 modificaron la diversidad y abundancia de las especies arbóreas presentes en la misma.

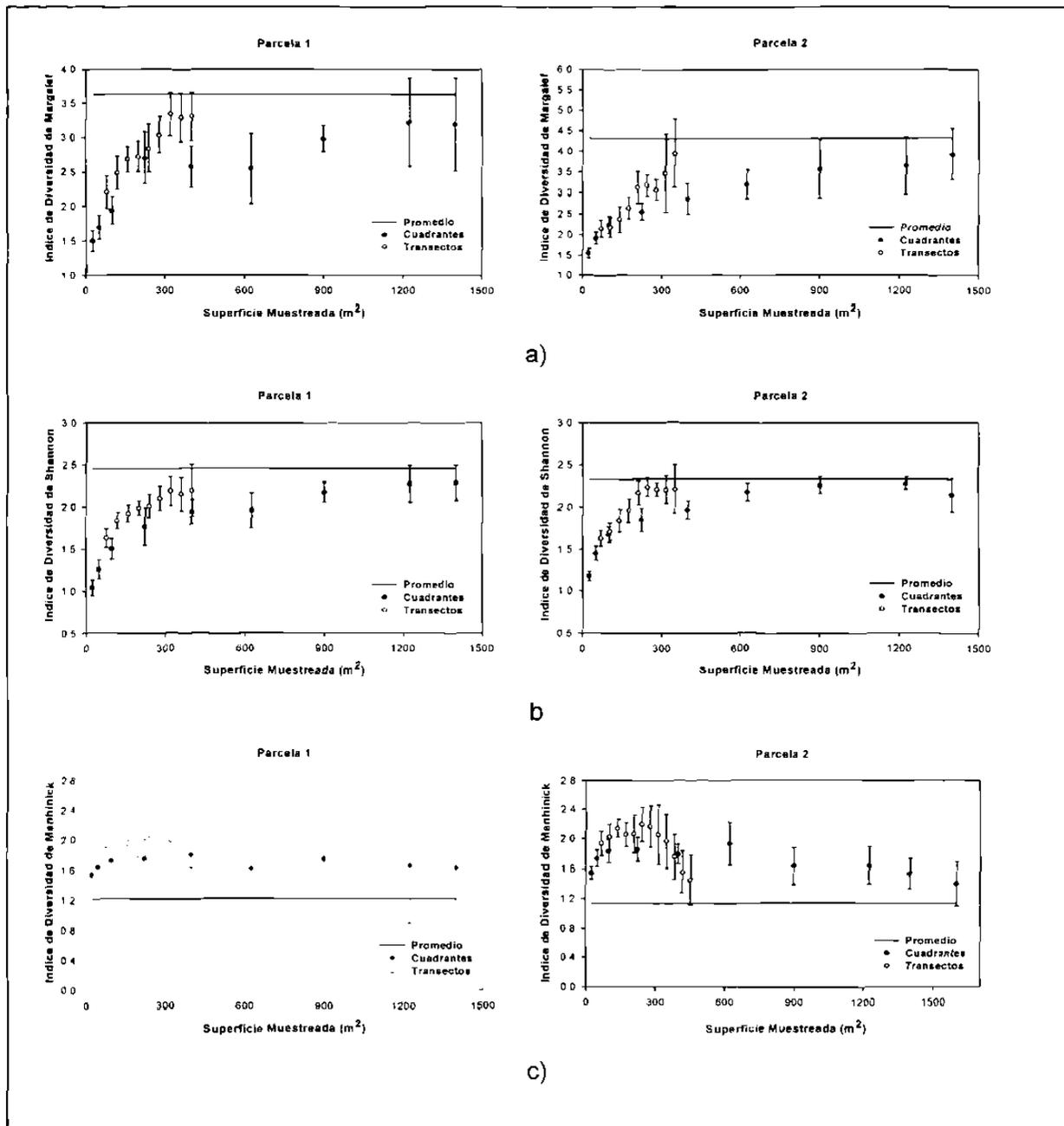


**Figura 5.1.** Curvas especie - área de las parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. P<sub>1</sub>: a) P<sub>2</sub>: b).

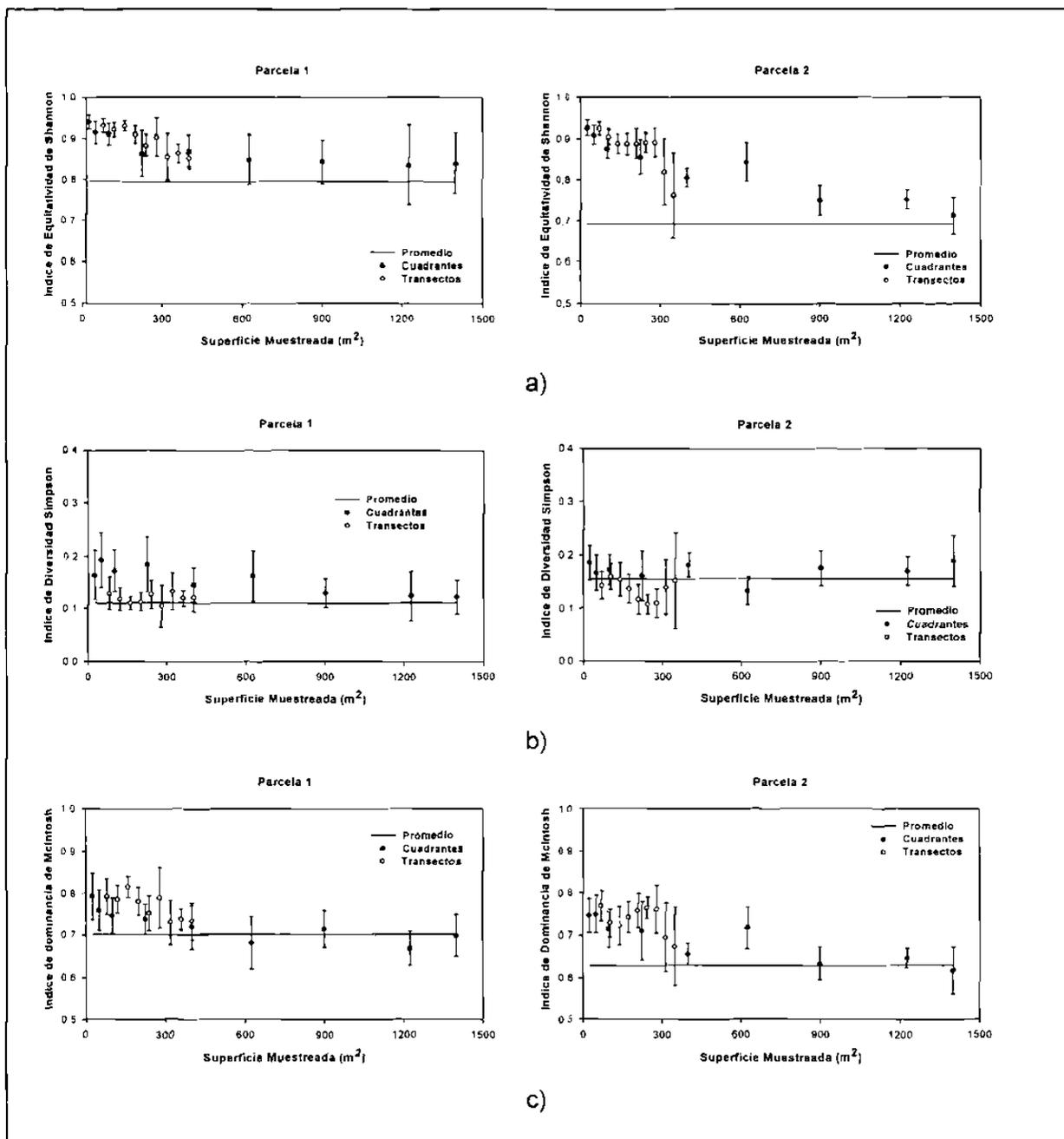
### 5.5.3. Ajuste de Índices de Diversidad

Los valores de algunos índices de diversidad mostraron diferencias significativas en cuadrantes y transectos, observándose relaciones bien definidas en algunos de ellos. Los índices de Margalef y Shannon incrementan con el área de muestreo tanto en transectos como en cuadrantes (Figs. 5.2. (a) y 5.2. (b)), siendo mejores estimadores

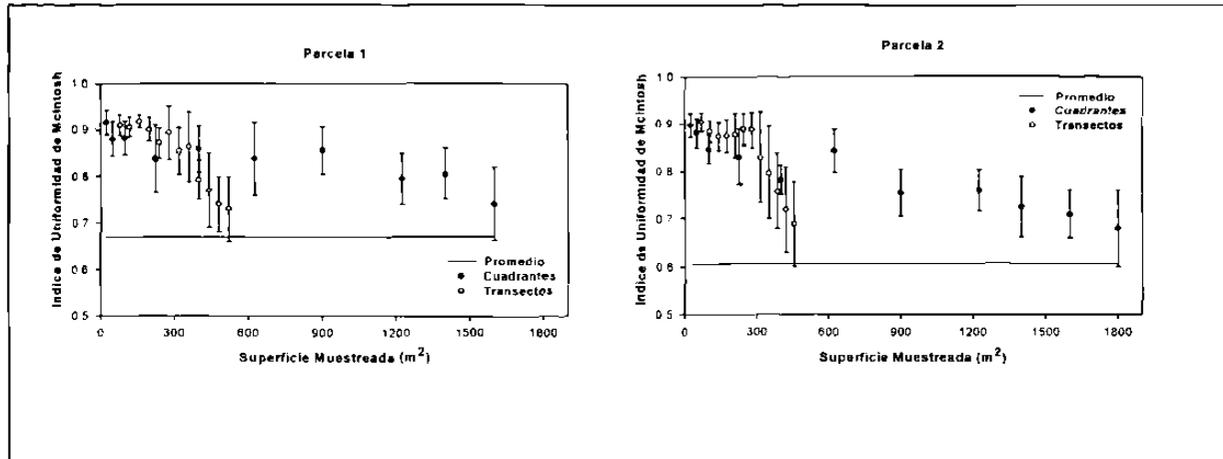
de la diversidad los transectos en ambos casos, ya que alcanzan en menor superficie la diversidad promedio de cada una de las parcelas experimentales, entre los 300 y 325 m<sup>2</sup>, mientras que los cuadrantes lo hacen en superficies superiores a 1000 m<sup>2</sup>. Por otra parte, los índices de Menhinick, Equitatividad de Shannon, Simpson, dominancia de McIntosh y Uniformidad de McIntosh disminuyen a medida que se incrementa la superficie de muestreo. Los resultados indican también que para estimar la diversidad a través del índice de Menhinick es necesario trazar transectos muy grandes o cuadrantes con una superficie superior a 1200 m<sup>2</sup>, de lo contrario la diversidad será sobrestimada (Fig. 5.2. (c)). Por otro lado, el índice de Equitatividad de Shannon sobrestima la diversidad tanto en cuadrantes como en transectos con superficie menor a 625 m<sup>2</sup>, siendo los transectos también los mejores esquemas de muestreo (Fig. 5.3. (a)). Los valores altos encontrados para este índice en superficies pequeñas se deben a que en ellas el número de especies y la abundancia entre ellas se encuentran mejor balanceados que en las superficies mayores. Este argumento también es mencionado por algunos investigadores (Pielou, 1977; Gaines *et al.*, 1999 *in* Magurran, 1989). El índice de Simpson, resulta ser uno de los más fáciles de obtener, ya que se estima desde el transecto de 80 m<sup>2</sup> en la P<sub>1</sub> y desde el cuadrante de 25 m<sup>2</sup> en la P<sub>2</sub> (Fig. 5.3. (b)); sin embargo, no se recomienda el uso del mismo para estimar diversidad arbórea en estos bosques puesto que no es sensible a los cambios de diversidad y por lo tanto no distingue las diferencias que existen en la diversidad entre los distintos tamaños sitio y los diferentes esquemas de muestreo como lo hacen el índice de Shannon y Margalef, por ejemplo. Los índices Mc1 y Mc2 estiman la diversidad promedio en ambas parcelas en menor superficie a través de transectos. Los valores de Mc1 en superficies de 600 m<sup>2</sup> presentaron los valores más cercanos a los promedios de ambas parcelas (Fig. 5.3. (c)), y Mc2 al parecer casi siempre es sobrestimado (Fig. 5.4 )) por lo que su empleo puede conducir a conclusiones erróneas sobre diversidad.



**Figura 5.2.** Relación entre la superficie de muestreo en parcelas y en transectos de los índices de Margalef a), Menhinck b) y Shannon c). Media y límites de confianza al 95%, en dos parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.



**Figura 5.3.** Relación entre la superficie de muestreo en parcelas y en transectos de los índices de Equitatividad de Shannon d), Dominancia de Simpson e) y Dominancia de McIntosh f). Media y límites de confianza al 95%, en dos parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.



**Figura 5.4.** Relación entre la superficie de muestreo en parcelas y en transectos del índice de Uniformidad de McIntosh g). Media y límites de confianza al 95%, en dos parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.

La mejor eficiencia de los transectos para muestrear diversidad se atribuye a la inclusión de una mayor variación espacial comparada con los cuadrantes que en sus espacios aparecen menor número de especies. Algunos investigadores han encontrado relaciones semejantes en trabajos sobre diversidad (Kirby *et al.*; 1986; Pielou, 1984; *in* Magurran, 1989 y Romero, 1999).

#### 5.5.4. Índice de Valor de Importancia IVI

El índice de valor de importancia relativa de las especies se encuentra mejor balanceado en la  $P_1$  que en la  $P_2$ , debido a que las intervenciones silvícolas que existieron en esta última hace algunos años aumentaron considerablemente el este valor en especies heliófilas como *Liquidambar styraciflua*; y lo disminuyeron en especies con cierto grado de tolerancia como *Carya ovata*, desproporcionando este parámetro ecológico. Los resultados se muestran en el Cuadro 5.1 y permiten observar que las especies con mayor peso ecológico en la  $P_1$  son: *Quercus sartorii* (17.94% del total del IVI), especie que a pesar de ocupar el tercer lugar en abundancia, ocupa el primer lugar tanto en dominancia como en frecuencia por tener los mayores diámetros y

aparecer en la mayoría de los sitios de muestreo; seguida por *Ostrya virginiana* (13.62%) y *Carya ovata* (11.90%), especies con valores muy similares de dominancia y frecuencia. En la P<sub>2</sub> *Liquidambar styraciflua* es la especie más importante con 30.65% del total del IVI, debido a que presentó los más altos porcentajes de las observaciones ecológicas abundancia, dominancia y frecuencia, por su característica de especie pionera que favorece su desarrollo cuando encuentra condiciones favorables de luz. En segundo lugar se encuentra *Quercus sartorii* con un 13.55%, que a pesar de ser superado con un 7.55% en densidad por *Ostrya Virginiana*, esta especie aporta el 18% del área basal total y se distribuye en igual número de sitios de muestreo que *Ostrya virginiana* que ocupa el tercer lugar en importancia ecológica con 12.54% del IVI. Las especies *Quercus sartorii* y *Ostrya virginiana* aparecen dentro de las tres especies con mayor valor de importancia en cada una de las parcelas, con lo que se deduce que estas especies desempeñan un papel importante en la ecología de estos bosques acompañadas por *Liquidambar styraciflua* y *Carya ovata* que poseen también importantes porcentajes de densidad, dominancia y frecuencia. Otros autores han encontrado también algunas de estas especies con valores grandes de estos aspectos ecológicos en trabajos sobre bosque mesófilo (Puig y Bracho, 1987; Briones, 1991; Willians, 1991 y Cavazos, 2000). Las especies con los valores más bajos de IVI fueron *Abies vejari*, *Acer skhutchii*, *Berberis hartwegii*, *Cercis canadensis* y *Pinus patula*, ya que algunas de ellas son comunes en los bosques templados y otras de los tropicales y por ser el bosque mesófilo de montaña una combinación de estos dos tipos de ecosistemas se les encuentra interactuando en diferentes sitios.

**Cuadro 5.1.** Parámetros ecológicos de dos parcelas experimentales del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas México.

Especie	Den. rel. (%)		Dom. rel. (%)		Frec. rel. (%)		IVI (%)	
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>						
1. <i>Acer shutchii</i>	--	0.4622	--	0.4655	--	0.37594	--	0.43455
2. <i>Cercis canadensis</i>	--	0.3082	--	0.2868	--	0.75188	--	0.44896
3. <i>Carya myristicaeformis</i>	0.9288	--	2.0452	--	1.1976	--	1.39053	--
<b>4. <i>Carya ovata</i></b>	<b>17.0279</b>	<b>6.1633</b>	<b>9.1081</b>	<b>2.3631</b>	<b>9.58084</b>	<b>8.27068</b>	<b>11.9056</b>	<b>5.59903</b>
5. <i>Carpinus caroliniana</i>	0.7704	--	0.1143	--	--	1.50376	--	0.79615
6. <i>Clethra pringlei</i>	1.2384	4.1602	0.8025	1.167	1.79641	5.26316	1.2791	3.53012
7. <i>Columbrina elliptica</i>	0.3082	--	0.0527	--	--	0.37594	--	0.24561
8. <i>Eugenia capuli</i>	0.3082	--	0.7027	--	--	0.75188	--	0.58759
<b>9. <i>Liquidambar styraciflua</i></b>	<b>3.7152</b>	<b>31.5871</b>	<b>3.1258</b>	<b>45.3259</b>	<b>5.38922</b>	<b>15.0376</b>	<b>4.07674</b>	<b>30.6502</b>
10. <i>Magnolia shiedeana</i>	4.9536	0.6163	9.3393	0.8271	5.98802	1.50376	6.76031	0.98239
11. <i>Mirandaceitis monoica</i>	3.7152	3.5439	0.7538	1.1771	4.79042	3.7594	3.08647	2.8268
12. <i>Nectandra sanguinea</i>	--	0.4622	--	0.0826	--	1.12782	--	0.55754
<b>13. <i>Ostrya virginiana</i></b>	<b>17.3375</b>	<b>17.4114</b>	<b>8.5599</b>	<b>6.6909</b>	<b>14.9701</b>	<b>13.5338</b>	<b>13.6225</b>	<b>12.5454</b>
14. <i>Pinus montezumae</i>	0.9288	1.849	4.7813	8.8688	1.79641	3.7594	2.50217	4.82573
15. <i>Podocarpus rechei</i>	13.6223	6.1633	9.2268	3.0592	9.58084	4.88722	10.81	4.70324
16. <i>Prunus serotina</i>	0.3082	--	0.0969	--	--	0.75188	--	0.38566
17. <i>Quercus germana</i>	4.3344	2.7735	11.3349	2.3922	5.38922	4.88722	7.01951	3.35097
<b>18. <i>Quercus sartorii</i></b>	<b>14.5511</b>	<b>9.8613</b>	<b>26.7</b>	<b>18.0127</b>	<b>12.5749</b>	<b>12.782</b>	<b>17.942</b>	<b>13.552</b>
19. <i>Quercus xalapensis</i>	7.4303	1.849	3.3898	3.6766	8.98204	4.13534	6.60071	3.22031
20. <i>Rapanea myricoides</i>	2.4768	2.7735	0.7582	0.6395	4.19162	4.88722	2.47554	2.76674
21. <i>Senecio lanicaulis</i>	0.6192	0.3082	0.0886	0.038	1.1976	0.75188	0.63513	0.36603
22. <i>Ternstroemia sylvatica</i>	2.4768	6.1633	0.2719	0.6601	4.19162	6.39098	2.31344	4.40479
23. <i>Tilia houghii</i>	0.9288	--	2.9247	--	1.1976	--	1.6837	--
24. <i>Witheringia mexicana</i>	--	0.3082	--	0.1027	--	0.75188	--	0.38759
25. <i>Zanthoxylon aff. Caribeum</i>	1.8576	0.4622	0.7609	0.2721	3.59281	1.12782	2.07044	0.62071
26. otras**	1.8578	1.0787	6.0285	2.9255	3.5928	2.6315	3.8263	2.21193
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

\*\*P<sub>1</sub> *Acer skutchii*, *Berberis hartwegii*, *Cercis canadensis*, *Nectandra sanguinea* y desconocido 1

\*\*P<sub>2</sub> *Abies vejari*, *Bernardia interrupta*, *Pinus patula*, *Celtis iguanea*, desconocido 1 y desconocido 2.

## 5.6. CONCLUSIONES

Los esquemas de muestreo empleados mostraron diferencias significativas en la estimación de la diversidad arbórea en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México, siendo los transectos mejores estimadores, ya que estiman la diversidad promedio de las parcelas en mucho menor superficie que los cuadrantes. Los índices de diversidad mostraron también diferencias significativas al ser estimados

en diferentes tamaños y formas de sitios de muestreo, siendo los de Shannon, Margalef y McIntosh los índices más sensibles y que mejor describen la diversidad. Las observaciones ecológicas densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia relativa describen a las especies *Quercus sartorii*, *Ostrya virginina*, *Liquidambar styraciflua* y *Carya ovata* como las de mayor importancia ecológica dentro del b.m.m., debido a que presentaron los valores relativos más altos de estas variables. El desarrollo o expansión de *Liquidambar styraciflua*, puede emplearse como un indicador de la perturbación del sitio de estas comunidades, ya que es una especie oportunista y presenta una alta capacidad de colonización cuando se abren espacios por extracción o caída de árboles.

## 5.7. AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por la beca crédito otorgada al primer autor y el apoyo financiero al proyecto 28185-B.

## 5.8. LITERATURA CITADA

- BRIONES, VILLAREAL, O.L. 1991. Sobre la flora, vegetación y fitogeografía de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. Acta Botánica de Mexicana 16, 15-43.
- CAO, M. *et al.* 1997. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China. Biodiversity-and-Conservation.7, 995-1006.
- CAVALIER, J.; TOBLER, A. 1998. The effect of abandoned plantations of *Pinus patula* and *Cupressus lusitanica* on soils and regeneration of a tropical montane rain forest in Colombia. Biodiversity and Conservation. 7: (3) 335-347.

- CAVAZOS, C. 2000. Evaluación del Bosque mesófilo de montaña de San Carlos, Tamaulipas, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N. L., México.
- CONDIT, R. *et al.* 1996. Species - area and species – individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50- ha plots. *Journal-of Ecology-Oxford*. 84, 549-562.
- GRACIANO, J. J. 2001. Técnicas de evaluación dasométrica y ecológica de los bosques de coníferas bajo manejo de la Sierra Madre Occidental del centro sur de Durango, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N. L., México.
- HURLBERT, S. H. 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52, 577-586.
- IPCC. 1995. *Climate Change. The Science of Climate Change*. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 572.
- LAMPRECHT, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Cooperación Técnica de la República Federal Alemana (GTZ). Pp: 57.
- LOZADA, J. R.; ARENDS, E. 2000. Clasificación ecológica de especies arbóreas, con fines de aprovechamiento forestal, en la Estación. Experimental Caparo, Barinas Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 44(1) 81-91.

- MAGNUSSEN, S.; BOYLE, TJB. 1995. Estimating sample size for inference about the Shannon-Weaver and the Simpson indices of diversity. *For. Ecol. Manage.* 78, 1-3, 71-84.
- MAGURRAN, A. E. 1989. *Diversidad Ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona, 200 p.
- MOPT, CH. 1985. *Guía para la elaboración del medio físico*. Ministerio de obras públicas España.
- NEUMANN, M.; STARLINGER, F. 2001. The significance of different indices for stand Structure and diversity in forests. *For. Ecol. and Management.* 145, 91-106.
- PIELOU, C. E. 1977. *The Interpretation of Ecological Data A primer on classification and Ordination*. University of Lethbridge pp 7-9.
- PUIG, H.; BRACHO, R. 1987. *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Instituto de Ecología. México. 186 p.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México.
- ROMERO, F. G. 1999. *Caracterización ecológica y definición de esquemas de muestreo en el matorral espinoso tamaulipeco del nordeste de México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N. L., México.
- VÁZQUEZ, G. J. A.; GIVNISH, J. T. 1998. Vegetation of the Cerro Grande massif, Sierra de Manantlán, Mexico: Ordination of a long altitudinal gradient with high species turnover. *Boletín IBUG.* 6: 2-3, 227-250.
- WILLIAMS, LINERA, G. 1991. Nota sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en los alrededores del campamento "El Triunfo", Chiapas. *Acta Botánica Mexicana* 13, 1-17.

## CAPITULO VI

### EVALUACIÓN DE DISTURBIO ECOLÓGICO EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA “EL CIELO”, TAMAULIPAS, MEXICO, UTILIZANDO MODELOS DE DIVERSIDAD - ABUNDANCIA DE ESPECIES.

Javier Corral-Rivas

[jjcorral75@hotmail.com](mailto:jjcorral75@hotmail.com)

#### 6.1. RESUMEN

El disturbio ecológico y estadio sucesional de dos parcelas experimentales con diferente historial de manejo, en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México, fue evaluado utilizando modelos de diversidad - abundancia de especies. Los resultados mostraron mejores ajustes para la serie logarítmica en la parcela con evidencias de aprovechamientos forestales y del modelo normal logarítmico en la parcela sin evidencia de manejo forestal. Ambas parcelas presentan un patrón sucesional intermedio entre las etapas pioneras y el clímax, donde dominaron las especies con abundancia intermedia. Además se encontró evidencia que la parcela que fue sometida a aprovechamientos forestales se encuentra en una etapa de sucesión más lejana al clímax que la parcela sin aprovechamientos, ya que la abundancia relativa de las especies en esta última es más homogénea, lo cual constituye una característica común de las etapas tardías de la sucesión.

**Palabras clave:** Bosque mesófilo de montaña, etapa sucesional, modelos de diversidad-abundancia, parcela 1 y Parcela 2.

#### ASSESSMENT OF ECOLOGICAL DISTURBANCE IN “EL CIELO” CLOUD FOREST, TAMAULIPAS, MEXICO, USING DIVERSITY - ABUNDANCE MODELS.

#### 6.2. SUMMARY

The ecological disturbance and successional stage of two experimental plots with different historical management in “El Cielo” cloud forest, Tamaulipas, Mexico, was

assessed using diversity - species abundance models. The results showed better fit for the logarithmic series in plot with evidence of previous forest management and the normal logarithmic model in the plot without evidence of human interference on succession. Both plots showed a intermediate successional patterns between the pioneer and climax stages, where species with middle dominance were dominants. Moreover, we found evidence that the plot which was under forest utilization is currently in a successional stage further than climax in comparison to the plot without forest utilization, because in the last one the species relative abundance was more homogeneous, which constitute a common characteristics of the latest successional stages.

**KEY WORDS:** Cloud forest, successional stage, species abundance models, plot 1 and plot 2.

### 6.3. INTRODUCCIÓN

El Bosque Mesófilo de Montaña (b.m.m.) o Bosque de niebla se considera importante por poseer una alta diversidad biológica (Rzedowski, 1996 y Chaverri, 1998). Este tipo de comunidad vegetal alberga 8.3 veces más especies que los bosques de coníferas y encinos los cuales cubren una extensión 18.4 veces superior (Flores y Gerez, 1994). La conservación de los bosques mesófilos se vuelve cada vez más importante debido a la fuerte disminución en su extensión, la cual se estima que queden mucho menos de la mitad de sus áreas originales (Rzedowski, 1996 in Cavazos, 2000).

El ajuste de modelos de diversidad-abundancia de especies ha sido utilizado como indicador del grado de disturbio del hábitat de los ecosistemas (Preston, 1948; May, 1975; Sugihara, 1980; Hill *et al.*, 1995 y Hill *et al.*, 1998). La mayoría de estos trabajos se han hecho ajustando estas distribuciones a comunidades de insectos y aves; mientras que en pocos casos se han ajustado al estrato arbóreo (Romero, 1999 y Graciano, 2001).

El presente trabajo pretendió responder las siguientes preguntas:

1) ¿Es posible a través del ajuste de estos modelos sobre diversidad y abundancia del estrato arbóreo conocer el grado de disturbio de un área en particular?

2) ¿La diversidad y abundancia de un rodal de bosque mesófilo de montaña es modificada con los aprovechamientos forestales?

## 6.4. MATERIALES Y METODOS

### 6.4.1. Descripción general del área de estudio

El estudio se realizó en el bosque mesófilo de montaña (b.m.m.) de la Reserva de la Biósfera "El cielo", localizado en el Suroeste del Estado de Tamaulipas, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental conocidas como Sierra de Cucharas y Sierra Chiquita. Comprende gran parte de municipio de Gómez Farías y ciertas extensiones de los municipios de Jaumave y Llera. Está limitado por los paralelos 23° 12' y 23° 03' N, el meridiano 99°18' y la curva de nivel de los 200 msnm al este (Puig y Bracho, 1987).

### 6.4.2. Metodología

Para contestar las preguntas planteadas se seleccionaron dos parcelas de muestreo con características ecológicas similares de b.m.m. La parcela uno ( $P_1$ ), con el menor grado de perturbación posible y una superficie de 3150 m<sup>2</sup> y la parcela dos ( $P_2$ ), con evidencia de que existieron aprovechamientos forestales hace aproximadamente 15 años (Serrano 2000)<sup>1</sup> y 5100 m<sup>2</sup> de superficie. En cada parcela se obtuvieron de todos los árboles con  $d_{1.3m} \geq 5$ cm, las variables dasométricas: especie, diámetro (cm), altura total (m) y como una variable ecológica la ubicación espacial de cada árbol en el sitio a través de sus coordenadas. Con la ubicación espacial de los árboles dentro de las parcelas fue posible mediante el uso de programas de cómputo dividir las parcelas en cuadrantes de: 5x5m, 5x10m, 10x10m, 15x15m, 20x20m, 25x25m, 30x30m, 35x40m y en transectos de: 0.50x80m, 1x80m, 1.5x80m, 2x80m, 2.5x80m, 3x80m, 3.5x80m, 4x80m, 4.5x 80m y 5x80m tanto verticales como horizontales. En cada cuadrante y

<sup>1</sup> Comunicación personal Sr. Fidel Serrano Garay de la Comunidad de Alta Cima

transecto se ajustaron cuatro modelos de diversidad y abundancia bajo procedimientos descritos por (Magurran 1989).

1) El modelo de la Serie geométrica:

$$N_i = NC_k k(1-k)^{i-1}$$

2) El modelo de la Serie logarítmica:

$$\alpha x_1, \alpha x^2/2, \alpha x^3/3, \dots, \alpha x^n/n$$

3) El modelo normal logarítmico:

$$(R) = S_0 \exp(-a^2 R^2)$$

4) El modelo de la barra rota:

$$S(n) = (S(S-1)/N)(1-n/N)^{S-2}$$

Donde:

$n_i$  = número de individuos de la especie que ocupa la  $i$ -ésima posición de abundancia.

$N$  = número total de individuos

$C_k = (1-(1-k)^S)^{-1}$ , es una constante que asegura que  $\sum n_i = N$

$k$  = proporción del espacio de nicho disponible o recursos que cada especie ocupa.

$\alpha x$  = número de especies esperado que presentan un solo individuo,  $\alpha x^2/2$  aquellas que tengan dos individuos, y así sucesivamente.

$S(R)$  = abundancia de especies por cada clase.

$S_0$  = abundancia de especies en la clase modal.

$a = (2\sigma^2)^{1/2}$  = la amplitud inversa de la distribución.

$S(n)$  = número de especies en la clase de abundancia que presenta  $n$  individuos

Para conocer el ajuste de cada uno de los modelos sobre el estrato arbóreo en los sitios de muestreo se aplicó una prueba de  $\chi^2$ , y se obtuvo un promedio de ajuste de este valor con 95% de confianza para cada tamaño de cuadrante y transecto. La prueba de  $\chi^2$  se trabajó bajo el procedimiento descrito por Magurran (1989).

$$\chi^2 = \sum_{\text{espl}}^n \frac{(A_{oi} - A_{ei})^2}{A_{ei}}$$

donde:  $A_{oi}$  y  $A_{ei}$  = abundancia esperada y observadas de las parcelas para cada especie ordenada secuencialmente.

## 6.5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.5.1. Descripción dasométrica.

En la P<sub>1</sub> se encontraron 22 especies y en la P<sub>2</sub> 29, compartiendo 18 de ellas de un total de 33. Se observaron densidades de 1024 y de 1298 individuos ha<sup>-1</sup> para la P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> respectivamente, lo que indica que se trata de un bosque mixto y heterogéneo bastante denso (Puig y Bracho, 1987). Las especies más abundantes fueron: *Liquidambar styraciflua*, *Ostrya virginiana*, *Carya ovata*, *Quercus sartorii* y *Podocarpus reichei*. Cada una de estas especies con más de 100 individuos ha<sup>-1</sup>.

### 6.5.2. Ajuste de los modelos de diversidad – Abundancia.

Los modelos de diversidad y abundancia en estas dos fracciones de bosque mesófilo de montaña nunca logran ajustarse a una serie geométrica, ni en cuadrantes ni en transectos, lo que indica que esta comunidad no se trata de un ambiente pobre en especies o con algún grado de perturbación severo (fig. 6.1(a)). Al respecto se conoce que este modelo suele tener ajustes en ambientes pobres y frecuentemente muy severos o en los estadios muy tempranos de la sucesión (Whittaker, 1965, 1970 y 1972 y Southwood, 1978 in Magurran, 1989). La serie logarítmica solo se logró ajustar para la superficie total de la parcela con evidencia de aprovechamientos forestales indicando que en esta parcela la repartición de recursos físicos y bióticos entre las especies es menos equitativa que en la parcela sin tal evidencia; condición que se debe al gran número de individuos de la especie colonizadora *Liquidambar styraciflua* (410 ha<sup>-1</sup>), la cual toma un mayor porcentaje de estos recursos disponibles del sitio dentro de esta fracción (figura 6.1(b)). Al respecto Rzedowski (1978) menciona el carácter heliófilo de la misma y que su desarrollo puede ser utilizado como un indicador de perturbación del sitio.

Por otra parte, los modelos normal logarítmico truncado y la barra rota se ajustaron

mucho mejor a los tamaños de sitios probados en la parcela sin evidencia de aprovechamientos; tanto en cuadrantes como en transectos debido a que la abundancia relativa de las especies es más homogénea en esta fracción que en la fracción con dicha evidencia (Figuras 6.2(a) y 6.2(b)). En estas figuras se puede ver también que estos modelos, se ajustan adecuadamente a casi todos los tamaños de transectos probados debido a que las especies que se observan a través de este esquema de muestreo se encuentra relativamente mejor proporcionadas con su abundancia como resultado de una mayor variación espacial, condición que se considera en ambos modelos para describir adecuadamente la diversidad – abundancia de las comunidades (Magurran, 1989; Navar, 1999; Graciano, 2001).

Respecto al ajuste en cuadrantes de estos dos modelos, los resultados indicaron en ambos casos que la diversidad-abundancia del estrato arbóreo de la  $P_1$  se describe mejor por ellos que en la  $P_2$ , ya que se ajusta a casi a todos los tamaños de sitio, con una diferencia mayor entre el valor calculado y el valor tabulado de  $X^2$ . Lo anterior sugiere que esta comunidad vegetal presenta mejores condiciones ecológicas que la  $P_2$ ; lo cual puede corroborarse con el buen ajuste de la barra rota a la mayoría de los tamaños de cuadrantes probados en esta parcela (fig. 6.2(b)), lo que demuestra aun más que refleja un estadio de la sucesión tardío y cercano al clímax (Southwood, 1978), donde el paisaje se encuentra dominado por especies cuya abundancia es más proporcional y con un ambiente menos perturbado que la parcela donde existieron aprovechamientos forestales.

El ajuste de la serie logarítmica y de la normal logarítmica a estas parcelas indican por una parte que este bosque presenta un patrón sucesional intermedio entre las etapas pioneras y tardías, lo que significa que la abundancia relativa de las especies presentes dentro de cada parcela no es tan desigual como lo sería en las etapas tempranas, ni tan homogénea como en el clímax, sino que las especies dominantes comparten los recursos del sitio con varias especies de abundancia media, lo cual sucede en mayor grado en la parcela sin evidencias de aprovechamientos forestales, donde existe mayor interacción entre las especies.

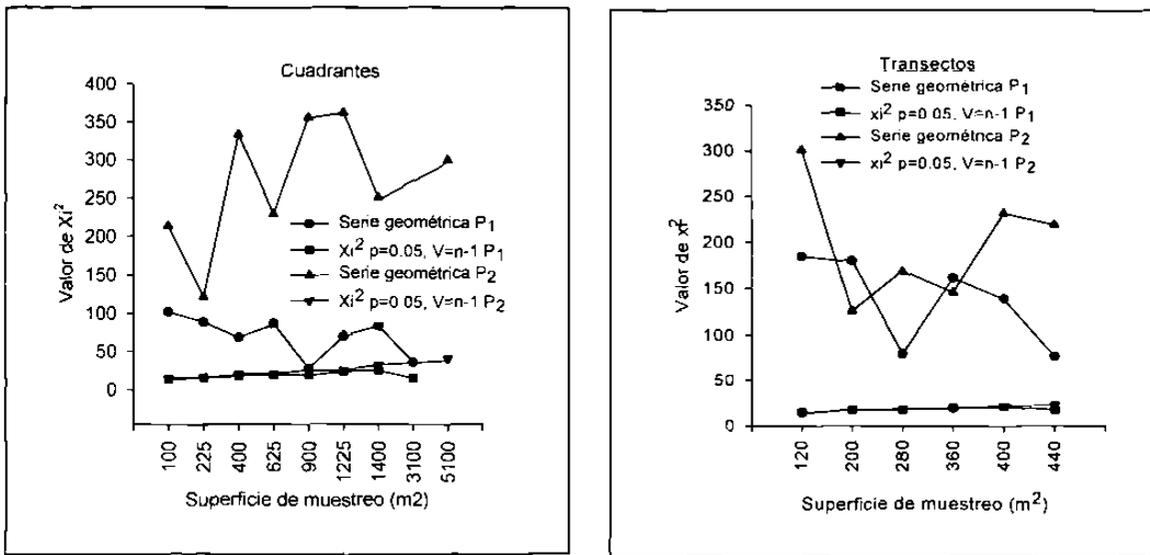


Fig. 6.1(a)

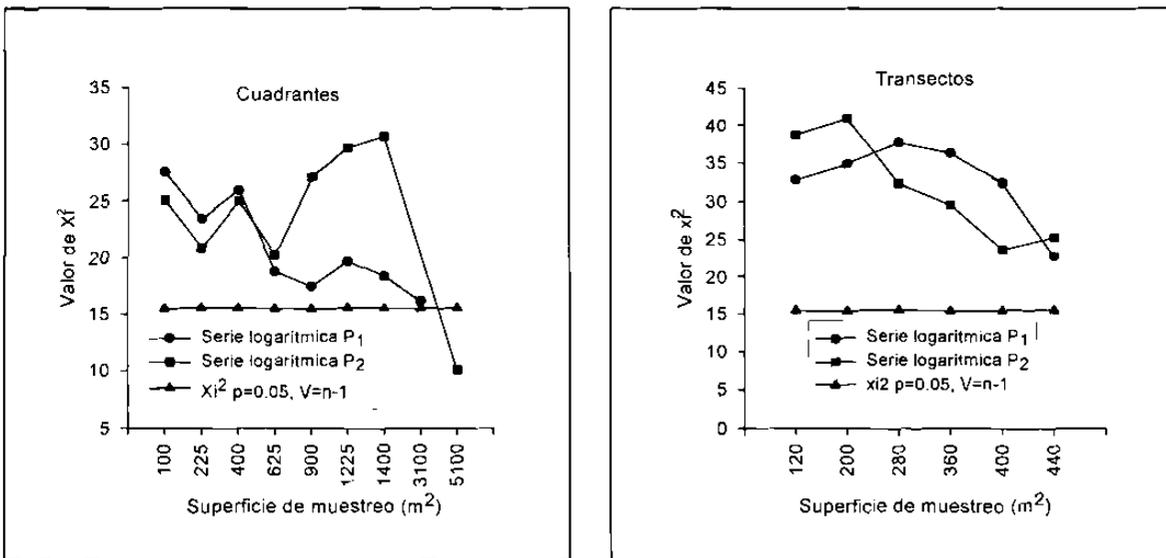


Fig. 6.1(b)

**Figura 6.1.** Ajuste de los modelos de diversidad - abundancia de especies. Serie Geométrica (a), Serie Logarítmica (b) en cuadrantes y transectos en función del área de muestreo y su comparación con la curva de hipótesis nula, en dos parcelas experimentales de bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.

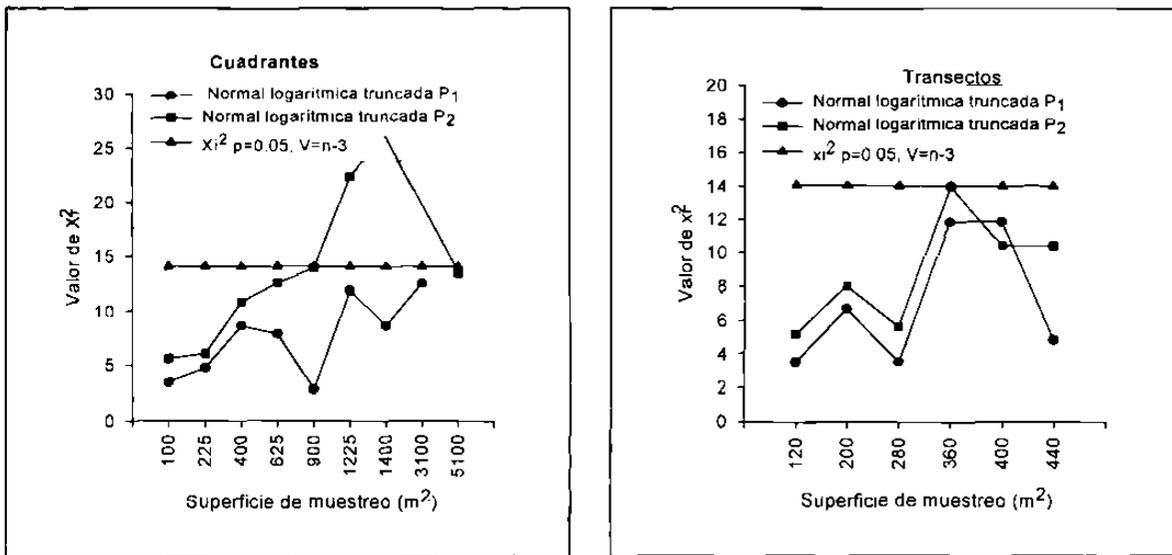


Fig 6.2(a)

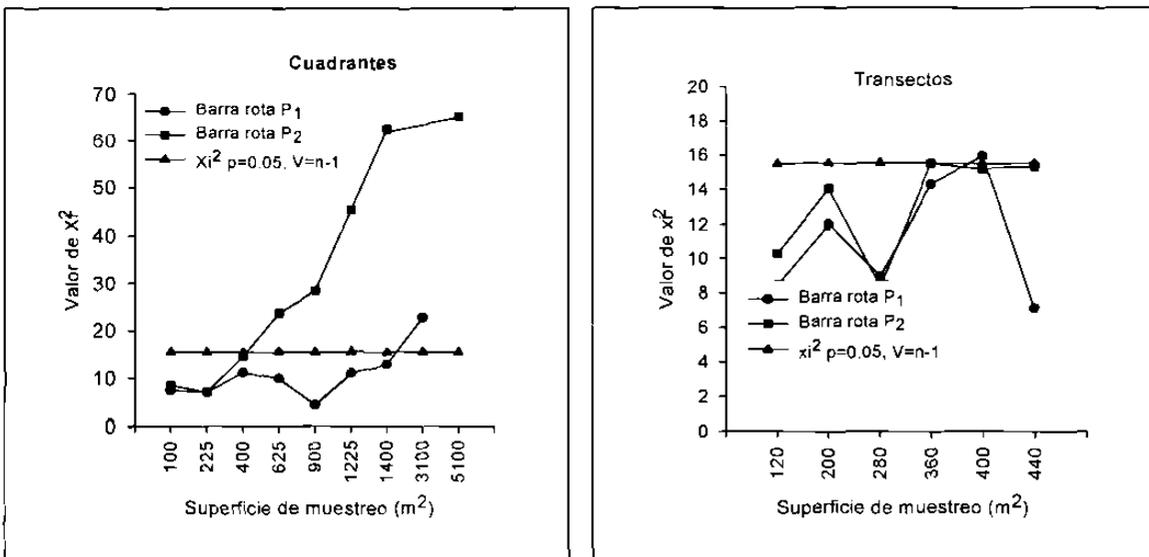
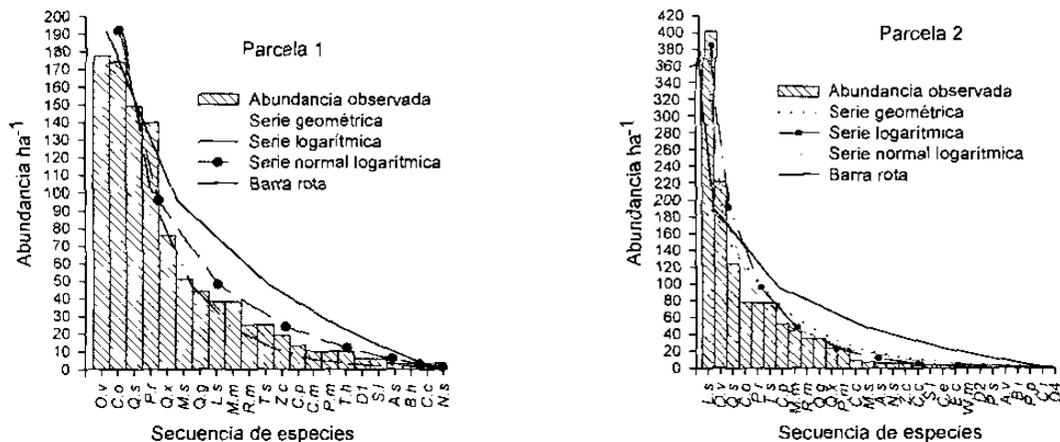


Fig 6.2(b)

**Figura 6.2.** Ajuste de los modelos de diversidad - abundancia de especies. Normal Logarítmica Truncada (a) y Barra Rota (b) en cuadrantes y transectos en función del área de muestreo y su comparación con la curva de hipótesis nula, en dos parcelas experimentales de bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.

El zigzag común en todos los ajustes de los modelos se debe a que los bosques mesófilos se tratan de comunidades muy mezcladas (Flores y Gerez 1994) y cuando ubicamos sitios de muestreo dentro de ellas estos pueden ser muy diferentes en cuanto a la abundancia de sus especies; ya que es posible y además muy frecuente encontrar en superficies iguales diferencias significativas en la abundancia de las especies.

El ajuste de los cuatro modelos a la superficie total de las parcelas se muestra en la figura 6.3, donde se observa que el modelo normal logarítmico describe mejor la diversidad y abundancia del estrato arbóreo en la  $P_1$  con ( $p \leq 0.05$ ); mientras que en la  $P_2$  lo hace la serie logarítmica es el más adecuado con ( $p \leq 0.05$ ), ya que fueron los modelos que presentaron las abundancias estimadas más cercanas a las observadas (la clave de las especies se presenta en el Cuadro 6.1). De estos resultados se deduce que los aprovechamientos forestales que existieron en la  $P_2$  han tenido un impacto que ha hecho que la diversidad y abundancia del estrato arbóreo sea menor y significativamente distinta a la  $P_1$ .



**Figura 6.3.** Ajuste de cuatro modelos de diversidad y abundancia a la superficie total de dos parcelas experimentales de bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.

## 6.6. CONCLUSIONES

El ajuste de modelos de diversidad-abundancia sobre el estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México, permitió derivar información objetiva acerca de la distribución de recursos ambientales entre las especies, de la etapa sucesional de las parcelas evaluadas y además del grado de disturbio ecológico ocasionado por los aprovechamientos forestales en una de ellas. Las parcelas descritas se encuentran en un estadio sucesional entre las etapas pioneras y finales, donde dominan las especies con abundancia intermedia; encontrándose evidencias de que la parcela que fue sometida a aprovechamientos forestales se encuentra en una etapa de sucesión más lejana al clímax que la parcela sin tal evidencia, donde la abundancia y distribución de recursos entre las especies arbóreas es mucho más homogénea. Los ajustes encontrados señalan que el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", constituye una comunidad donde existen algunas especies dominantes como *Liquidambar styraciflua*, *Ostrya virginiana*, *Carya ovata* y *Quercus sartorii* las cuales comparten los recursos ecológicos del sitio con alrededor de 15 especies con dominancia intermedia y con un buen equilibrio ecológico.

**Cuadro 6.1.** Clave de las especies encontradas en dos parcelas experimentales de b.m.m. en "El Cielo", Tamaulipas, México.

Especie	Clave	Especie	Clave
1. <i>Liquidambar styraciflua</i>	L.s	18. <i>Nectandra sanguinea</i>	N.s
2. <i>Ostrya virginiana</i>	O.v	19. <i>Zanthoxylon aff. Caribaeum</i>	Z.c
3. <i>Quercus sartorii</i>	Q.s	20. <i>Cercis canadensis</i>	C.c
4. <i>Carya ovata</i>	C.o	21. <i>Senecio lanicaulis</i>	S.l
5. <i>Podocarpus rechei</i>	P.r	22. <i>Columbrina elliptica</i>	C.e
6. <i>Temstroemia sylvatica</i>	T.s	23. <i>Eugenia capuli</i>	E.c
7. <i>Clethra pringle</i>	C.p	24. <i>Witheringia mexicana</i>	W.m
8. <i>Mirandaceltis monoica</i>	M.m	25. Desconocido 2	D2
9. <i>Rapanea myricoides</i>	R.m	26. <i>Prunus serotina</i>	P.s
10. <i>Quercus germana</i>	Q.g	27. <i>Abies vejari</i>	A.v
11. <i>Quercus xalapensis</i>	Q.x	28. <i>Bernardia interrupta</i>	B.i
12. <i>Pinus montezuma</i>	P.m	29. <i>Pinus patula</i>	P.p
13. <i>Carpinus caroliniana</i>	C.c	30. <i>Celtis iguanea</i>	C.i
14. <i>Magnolia shiedeana</i>	M.s	31. <i>Tilia houghii</i>	T.h
15. Desconocido 4	D4	32. Desconocido 1	D1
16. <i>Carya miristicaeformis</i>	C.m	33. <i>Berberis hartwegii</i>	B.h
17. <i>Acer skutchii</i>	A.s		

## 6.7. AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por la beca crédito otorgada al primer autor y el apoyo financiero al proyecto 28185-B.

## 6.8. LITERATURA CITADA

CAVAZOS, C. 2000. Evaluación del bosque mesófilo de montaña de San Carlos, Tamaulipas, México. Tesis de Maestría. Facultad de ciencias Forestales. UANL. Linares, N.L., México.

CHAVERRI, P. A. 1998. Las montañas, la diversidad biológica y su conservación. *Unasyuva*: 1995, vol. 49:47-54.

FLORES, V.O.; GERREZ, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México, vertebrados, vegetación y uso del suelo (2ª ed). Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma de México.

GRACIANO, J. J. 2001. Técnicas de evaluación dasométrica y ecológica de los bosques de coníferas bajo manejo de la sierra madre occidental del centro sur de Durango, México. Tesis de Maestría. Facultad de ciencias Forestales. UANL. Linares, N.L., México.

HILL, J.K.; HAMER, K.C.; LACE, L.A.; BANHAM, W.M.T. 1995. Effects of selective logging on tropical forest butterflies on Buro, Indonesia. *Journal of Applied Ecology*, **32**, 754-760.

HILL, J.K.; HAMER, K.C. 1998. Using species abundance models as indicators of habitat disturbance in tropical forests. *Journal of Applied Ecology*, **35**, 458-460.

MAGURRAN, A. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral. Barcelona.

MAY, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. *Ecology and evolution of communities* (eds M.L Cody & J.M. Diamond). Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

NAVAR, Ch. J. 1999. Descripción de la diversidad abundancia de bosques mixtos e

- irregulares del Ejido San Pablo, Durango, México.
- PUIG, H.; R. BRACHO. 1987. El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Instituto de Ecología. México. 186 p.
- PRESTON, F.W. 1948. The commonness, and rarity, of species. *Ecology*, **29**, 254-283.
- SUGIHARA, G. 1980. Minimal community structure: an explanation of species Abundance patters revisited. *Journal of animal Ecology*, **59**, 1129-1146.
- ROMERO, F.G. 1999. Caracterización ecológica y definición de esquemas de muestreo en el matorral espinoso tamaulipeco del nordeste de México. Tesis de Maestría Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N.L., México.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.
- RZEDOWSKI, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* **35**, 25-44.

## CAPITULO VII

### COMPARACION ESTRUCTURAL DE DOS PARCELAS CON DIFERENTE HISTORIAL DE MANEJO EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA “EL CIELO” EN TAMAULIPAS, MÉXICO.

Javier Corral-Rivas

Estudiante de Maestría en Ciencias Forestales, <sup>2</sup>Profesor investigador, Facultad de Ciencias Forestales, UANL.

[jjcorral75@hotmail.com](mailto:jjcorral75@hotmail.com)

#### 7.1. RESUMEN

La presente investigación presenta una comparación estructural en dos parcelas experimentales con diferente historial de manejo en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México. La finalidad fue conocer si los aprovechamientos forestales modifican la estructura de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional en este tipo ecosistemas forestales. Los resultados indicaron que el estrato arbóreo de esta comunidad vegetal es denso con más de 1000 individuos  $ha^{-1}$  y esta formado por una mezcla de árboles tropicales y de clima templado de alrededor de 30 diferentes especies ocupando superficies de aproximadamente media hectárea. El análisis estructural comparativo permitió encontrar evidencias significativas que señalaron que los aprovechamientos forestales que existieron en una de las parcelas disminuyeron la diversidad de especies, la distribución espacial de los árboles tendió a la formación de grupos y la diferenciación dimensional tamaños aumento significativamente.

**PALABRAS CLAVE:** Bosque mesófilo de montaña (b.m.m), estructura de especies, estructura espacial, diferenciación dimensional, parcela 1 y parcela 2.

## **STRUCTURAL COMPARASION OF TWO PLOTS WITH DIFFERENT HISTORICAL MANAGEMENT IN "EL CIELO" CLOUD FOREST, TAMAULIPAS, MEXICO.**

### **7.2. SUMMARY**

This research shows a structural comparison between two experimental plots with different historical management in "El Cielo" cloud forest, Tamaulipas, Mexico. The purpose was to know if the forest utilization modifies the species structure, the spatial structure and the dimensional structure in this forest ecosystem types. The results indicated that the tree stratum of this plant community is dense with more than 1000 trees ha<sup>-1</sup> and formed by a mixture of tropical and templated trees with approximately 30 species different in a area of half hectare. The comparative structural analysis found, significant evidence that they point out that the forest utilizations that existed in one of the plots decrease the species diversity, the spatial distribution of these trees directed to the formation of groups and the dimensional differentiation increased significantly.

**KEY WORDS:** Cloud forest, species structure, spatial structure, dimensional differentiation plot 1 and plot 2.

### **7.3. INTRODUCCIÓN**

El reto del manejo de recursos forestales consiste en obtener nuevos indicadores de sustentabilidad (Aguirre, 1999). La caracterización de la estructura de ecosistemas forestales constituye una condición básica para la toma de decisiones sobre el manejo de sus recursos, tanto en localidades bajo aprovechamiento, como en áreas protegidas, donde pueden observarse procesos de sucesión natural, así como efectos provocados por actividades antropogénicas que pueden integrarse en la elaboración de los planes de manejo que garanticen la sustentabilidad.

La estructura de un ecosistema se define básicamente por el tipo, número, ordenamiento espacial y ordenamiento temporal de los elementos que lo constituyen.

En este contexto destacan principalmente la estructura de especies, la estructura dimensional y la estructura espacial de los ecosistemas (Thomasius y Schmidt, 1996).

La manera más adecuada y precisa para describir la estructura espacial de una masa es caracterizar el estrato arbóreo desde el punto de vista de sus dimensiones, la especie a la que pertenecen y la distancia que los separa de los restantes individuos (Gadow *et al.*, 2001). Para ello es necesario el empleo de una serie de índices o variables que reflejen esas características en pequeñas superficies o rodales de las masas: el *grado de diferenciación* que es un índice que cuantifica las diferencias en tamaño de los árboles que conviven en un pequeño rodal; el *grado de mezcla* que evalúa la manera en que los árboles de diferentes especies se interrelacionan y la *agregación* que describe cómo se distribuyen los árboles sobre el terreno analizando sus distancias.

Existe un buen número de estudios para la descripción estructural de los rodales (Payandeh, 1970; Gleichmar y Gerold, 1998; Courbaud *et al.*, 2001; Ayyappan y Parthasarathy, 1999; Pande, 2001; Neumann y Starlinger, 2001); en México (Aguirre *et al.*, 1998; Jiménez *et al.*, 1999; Vargas, 1999; Aguirre, 1999; Corral, 1999; Quiñones, 2000, Torres, 2001); sin embargo la mayoría han sido realizados en bosques templados y con énfasis principalmente en aspectos metodológicos, sólo pocos de ellos se han desarrollado en bosques nublados pero sin hacer comparaciones entre rodales que por sus condiciones ecológicas han sido sujetos a diferentes esquemas de manejo de sus recursos forestales.

Los objetivos de esta investigación fueron por lo tanto 1) describir la estructura arbórea de dos rodales con diferente historial de manejo del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México, 2) realizar una comparación que permita conocer si los aprovechamientos forestales tienen un impacto sobre la estructura de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional en este tipo de ecosistema, y 3) proponer métodos cuantitativos para el análisis estructural de ecosistemas mixtos multicohortales con énfasis en el estrato arbóreo, a través de la integración de índices

estructurales recientemente desarrollados y parámetros dasométricos convencionalmente empleados para la evaluación de los ecosistemas nublados.

## 7.4. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 7.4.1. Descripción general del área de estudio.

El estudio se realizó en el bosque mesófilo de montaña (b.m.m) de la Reserva de la Biosfera "El Cielo", localizado en el Sudoeste del Estado de Tamaulipas, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental conocidas como Sierra de Cucharas y Sierra Chiquita. Comprende gran parte de municipio de Gómez Farías y ciertas extensiones de los municipios de, Jaumave y Llera. Está limitada por los paralelos 23° 12' y 23° 03' N, el meridiano 99°18' y la curva de nivel de los 200 msnm al Este (Puig y Bracho, 1987).

### 7.4.2. Metodología

Para cumplir con los objetivos planteados se seleccionaron dos parcelas de muestreo con características ecológicas similares de b.m.m. La parcela 1 ( $P_1$ ) con el menor grado de perturbación posible y una superficie de 3150 m<sup>2</sup> y la parcela 2 ( $P_2$ ) con evidencia de que existieron aprovechamientos forestales hace aproximadamente 15 años Serrano (2001)<sup>1</sup> y 5100 m<sup>2</sup> de superficie. Se obtuvieron en cada parcela de todos los árboles con  $d_{1.3m} \geq 5\text{cm}$  las variables dasométricas: especie, diámetro (cm), altura total (m) y ecológicas como la ubicación espacial de cada árbol en el sitio mediante sus coordenadas. A partir de los datos dendrométricos se obtuvo para cada especie: número de árboles ha<sup>-1</sup>, área basal ha<sup>-1</sup>, diámetro medio, altura media (con las medidas de dispersión correspondientes) y el índice de esbeltez ó relación h/d. Para la caracterización del estrato arbóreo del b.m.m, se utilizaron los índices derivados de las relaciones de vecindad entre los árboles que constituyen un ecosistema (Gadow y Fuldner, 1992; Gadow, *et al* 2001). La base para la determinación de tales índices la

<sup>1</sup> Comunicación personal Sr. Fidel Serrano Garay de la Comunidad de Alta Cima

constituyó los muestreos denominados *grupos estructurales de cinco árboles*, en los que se ubicó a todos los árboles como un árbol centro y a sus cuatro vecinos más próximos, con el apoyo del simulador de muestreo *Waldsim 3.0* desarrollado por Pommerening y Lewandowski (2001); aunque puede considerarse el árbol *cero i* y un número  $n$  de vecinos. Para el índice porcentual de la mezcla de especies, por ejemplo, se emplearon *grupos de cuatro árboles* (Füldner, 1994). La distribución vertical de las especies se analizó bajo la metodología utilizada por Lamprecht (1986); Nagel (1994) y Pretzsch (1996), pero considerando sin embargo cuatro estratos de altura en lugar de tres: el estrato I comprendiendo sobre 75 hasta 100% de la altura máxima de los rodales, el estrato II sobre 50 hasta 75%, el estrato III sobre 25 hasta 50% y el estrato IV menos del 25%; donde los parámetros abundancia y dominancia de los árboles dentro de cada estrato fueron analizados.

#### 7.4.2.1. índices aplicados

Un total de nueve índices desarrollados para la caracterización estructural fueron estimados para el estrato arbóreo de cada parcela (Cuadro 7.1). Para evaluar la estructura específica se empleó el índice de diversidad de Shannon, basado en la abundancia proporcional de las especies a través de la prueba de hipótesis sobre la similitud o diferencia en la diversidad-abundancia entre las dos parcelas de muestreo con el método de  $t$  de Hutcheson (1970) *in* Magurran (1989). Los índices utilizados para describir la distribución espacial o la estructura horizontal comparan una distribución hipotética con la situación real y evidentemente una reconstrucción de esta naturaleza sólo se puede considerar adecuada si existe una gran similitud entre la estructura de la masa real y la obtenida mediante simulación. El índice de distancias  $D_i$ , caracteriza la distribución individual de los árboles en un bosque en base a la distancia del árbol de referencia  $i$  a sus vecinos más cercanos. Las distancias observadas entre los árboles de cada sitio estructural se ubicaron en 10 clases que comprenden rangos de 1m, de acuerdo con Aguirre, *et al.* (1998). Clase 1:  $0 \text{ m} \leq D_i < 1 \text{ m}$ ; clase 2:  $1 \text{ m} \leq D_i < 2 \text{ m}$ ;...; clase 9:  $8 \text{ m} \leq D_i < 9 \text{ m}$ ; clase 10:  $9 \text{ m} < D_i$ . Para la estimación del índice de mezcla de especies  $M_i$ , se consideraron los tres árboles más cercanos a cada uno de los árboles presentes en las parcelas y este índice puede variar entre 0 y 1. Valores cercanos a

cero indican que las especies analizadas tienden a agruparse y que no se mezclan con el resto. Por el contrario, valores cercanos a uno indican una preferencia a mezclarse entre ellas.

### Cuadro 7.1. Ecuaciones de los índices utilizados

#### Diversidad de especies

a)  $H' = -\sum p_i \ln p_i$ ; Hutcheson (1970) in Magurran (1989)

$P_i$  = abundancia proporcional de la  $i$ -ésima especie

$$b) t = \frac{H_1 - H_2}{(\text{Var}H_1 + H_2)^{1/2}}$$

$H_{1,2}$  = índices de Shannon en las parcelas;  $\text{Var} H_1$  y  $H_2$  = varianza del índice de Shannon en parcelas 1 y 2,  $df$  = grados de libertad y  $N_1$  y  $N_2$  = número total de individuos en las parcelas.

$$c) df = \frac{(\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2)^2}{(\text{Var}H_1)^2 / N_1 + (\text{Var}H_2)^2 / N_2}$$

#### Distribución espacial

a) Índice de distancias (Pommerening et al., 1996; Pommerening, 1997).

$d_{ij}$  = distancias del árbol  $i$ -ésimo a su vecino  $j$ -ésimo,  $\bar{D}_i$  = distancia promedio del árbol  $i$ -ésimo a su vecino próximo del rodal y  $N$  = número de árboles

$$D_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N d_{ij} \text{ y } D1 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N D1i$$

b) Índice de mezcla de especies (Gadow y Fuldner, 1992)

$m_{ij}$  es una variable binaria discreta que asume el valor de 0 cuando el árbol  $j$  es de la misma especie que el árbol considerado  $i$ , y el valor de 1 si es de diferente especie.

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

c) Índice de agregación  $R$  de Clark & Evans (1954)

$N$  = número de observaciones  
 $A$  = superficie en  $m^2$

$$R = \frac{r_{observada}}{r_{esperada}} ; \quad r_{observada} = \frac{\sum_{i=1}^N r_i}{N} ;$$

$P$  = perímetro del área en  $m^2$

$$r_{esperada} = \frac{1}{2} \frac{N}{A}$$

corrección de (Donnelly, 1978)

$$r_{corregida} = 0.5 * \frac{A}{N} + 0.015368 * \frac{P}{N} + 0.41 * \left(\frac{P}{N}\right)^2$$

d) Índice de Gadow  $W_i$  (Gadow *et al.*, 1998).  $n$  es el número de árboles vecinos considerados,  $w_{ij} = 1$  cuando el  $j$ -ésimo ángulo  $\alpha$  entre dos árboles vecinos próximos es menor o igual al ángulo estándar  $\alpha$ , en caso contrario toma un valor de 0.

$$W = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

ángulo  $\alpha$  entre dos árboles vecinos próximos es menor o igual al ángulo estándar  $\alpha$ , en caso contrario toma un valor de 0.

### Diferenciación dimensional

a) Coeficiente de Homogeneidad (H) de (De Camino, 1976).

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} SN\%}{\sum_{i=1}^{n-1} SN\% - SV\%}$$

$SN\%$  = suma de los porcentajes de número de árboles hasta la categoría diamétrica  $i$

$SV\%$  = suma de los porcentajes del área basal hasta la categoría diamétrica

b) Índice de diferenciación diamétrica y de altura (Pommerening, 1996)

$$TD_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n td_{ij} \quad \text{y} \quad TH = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n th_{ij}$$

donde:

$td_{ij}$  y  $th_{ij}$  = Se obtienen de la relación de los diámetros normales y alturas de árboles vecinos sustraída de 1 y  $N$  es el número de árboles del rodal

$$td_{ij} = 1 - \frac{d(\text{menor})}{d(\text{mayor})} \quad \text{y} \quad th_{ij} = \frac{h(\text{menor})}{h(\text{mayor})}$$

c) Distribución vertical de especies A (Dretsch, 1996)

$S$  = Número de especies presentes  
 $Z$  = Número de estratos de altura (3 en

(Pretzch, 1996)

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

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{N}$$

este caso)

 $P_{ij}$  = proporción de especies en las zonas de altura $n_{ij}$  = número de individuos de la especie  $i$  en la zona  $j$  $N$  = número total de individuos

El índice  $R$  de Clark & Evans (CE) se basa en las relaciones de distancia entre árboles vecinos. Para todos los árboles  $N$  de una superficie  $A$ , se obtienen las distancias  $r_i, i=1...N$  a su vecino más próximo. La distancia media ( $r_{observada}$ ) se relaciona con la distancia media esperada para la distribución aleatoria del arbolado.  $R$  toma valores entre 0 y 2.1491 y tiene un valor cercano a uno cuando la distribución de los árboles es aleatoria y se aproxima a cero a medida que aumenta la tendencia de los árboles a agruparse en una parte del espacio total. Valores superiores a uno indican un aumento de la regularidad de la distribución. Un valor de dos correspondería a una distribución sobre el terreno según una malla cuadrada y el valor máximo posible (2.1491) se alcanza cuando la distribución de los árboles es al tresbolillo, es decir, según una malla de triángulos equiláteros (Gadow, *et al.* 2001). Por la utilización de superficies pequeñas de muestreo, el efecto de borde se eliminó, aplicando el método de corrección desarrollado por Donnelly (1978 *in* Nagel, 1994).

La determinación del índice  $W_i$ , se basó en la medición de los ángulos entre dos vecinos al árbol  $i$  y su comparación con un ángulo estándar  $\alpha$ , de tal manera que considerando cuatro vecinos al árbol de referencia  $W$  puede tomar valores de 0 hasta 1, donde un valor cercano a cero representa condiciones de regularidad, valores cercanos al 0.5 muestran tendencia a la aleatoriedad y aquellos próximos a 1 presentan condiciones de agrupamiento.

Una de las principales características que definen la estructura de una masa es la variación existente entre los tamaños de los árboles que la constituyen. El coeficiente de homogeneidad (H), que se define por la relación porcentual entre número de árboles y volumen por categorías diamétricas, y supone el hecho de que en un rodal

totalmente homogéneo todos los árboles tienen el mismo volumen, mientras que en uno heterogéneo un alto porcentaje de árboles representa una proporción pequeña de volumen, y pocos individuos contribuyen con la mayor proporción volumétrica. Vargas (2000) y Quiñones (2001) han encontrado que este índice puede ser estimado con igual exactitud utilizando el área basal, por lo que en este trabajo se utilizó esta variable debido al gran número de especies presentes dentro de parcelas y a las diversas formas de sus fustes, lo que dificulta la estimación del volumen.

Los índices de diferenciación diamétrica y de altura, fueron obtenidos al igual que otros índices de las relaciones de vecindad de los árboles. El valor de éstos se incrementa al aumentar la diferencia media de los tamaños de los árboles cercanos al árbol de referencia. Un valor de cero corresponde a una situación donde en la que todos los árboles tienen el mismo tamaño. Se integraron cinco grupos de diferenciación dimensional de acuerdo con Aguirre, et al. (1998), con las siguientes categorías: (Escasa :  $0.0 < TDy/oTH < 0.2$  m; Moderada:  $0.2 < TDy/oTH < 0.4$ ; Media:  $0.4 < TDy/oTH < 0.6$ ; Alta:  $0.6 < TDy/oTH < 0.8$ ; Muy Alta  $0.8 < TDy/oTH < 1$ ).

Para la caracterización de la estructura vertical de las especies se utilizó el índice de perfil de especies A, que se desarrolló a partir del índice de Shannon & Weaver. Para la estimación del índice de perfil de especies A, se definieron cuatro estratos o zonas de altura y a diferencia del índice de Shannon & Weaver, el índice A describe la ubicación de las especies en diferentes estratos de altura. A toma valores entre 0 y un valor máximo ( $A_{max}$ ). Un valor  $A = 0$  significa que el rodal está constituido por una sola especie que ocurre además en un sólo estrato.  $A_{max}$  se alcanza cuando la totalidad de las especies ocurren en la misma proporción tanto en el rodal como en los diferentes estratos.  $A_{max}$  depende del número de especies (S) y de estratos (Z) y se obtiene mediante (Biber, 1997):

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

## 7.5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.5.1. Descripción dasométrica

Las características dasométricas promedio de las especies observadas en cada una de las parcelas experimentales de b.m.m. se muestran en los cuadros (7.2 y 7.3). Como se puede observar las parcelas presentan diferentes características, en la  $P_1$  se encontraron 22 especies arbóreas y en la  $P_2$  29, compartiendo 18 especies entre sí de un total de 33. Se obtuvo una densidad de 1024 y 1298 individuos  $ha^{-1}$  para la  $P_1$  y  $P_2$  respectivamente, lo que indica que es un bosque denso (Puig y Bracho, 1987; Puig, 1993). Las especies más abundantes fueron *Liquidambar styraciflua*, *Ostrya virginiana*, *Carya ovata*, *Quercus sartorii* y *Podocarpus reiche*. Cada una de estas especies con más de 100 individuos  $ha^{-1}$ . El gran número de individuo ( $410 ha^{-1}$ ) de *Liquidambar styraciflua* encontrados en la  $P_2$ , que corresponden al 31.5 y 45.3% de la abundancia y dominancia total respectivamente, se atribuye a la tala que se practicó en algún tiempo en esa área, ya que abrió en el dosel espacios que permitieron la entrada de mayor cantidad de luz, lo cual favoreció el desarrollo de esta especie; al respecto Rzedowski (1978) y Puig y Bracho (1987) mencionan el carácter heliófilo de esta especie y que su desarrollo puede ser utilizado como un indicador de perturbación del sitio.

### 7.5.2. Estructura de las especies.

La prueba de similitud o diferencia en la diversidad entre las parcelas de muestreo, medida a través del índice de Shannon ( $H'P_1 = 2.45$  y  $H'P_2 = 2.32$ ) mostró diferencias significativas en términos de diversidad y abundancia del estrato arbóreo ( $p \leq 0.05$ ), de lo que se deriva que los aprovechamientos que existieron en esta parcela modificaron la diversidad y abundancia de las especies arbóreas presentes en la misma. Graciano (2001), encontró también que los aprovechamientos forestales disminuyen la diversidad arbórea en bosques templados de Durango.

**Cuadro 7.2.** Características dasométricas de la P<sub>1</sub>, encontradas en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México

Especie	N/ha		G/ha(m <sup>2</sup> )				Altura (m)					Diámetro (cm)				h/d
	abs	rel	Abs	Rel	h	s	c.v	min	max	d1.3	s	c.v	min	max		
1. <i>Carya myristicaefomis</i>	10	1.0	0.363	1.3	10.9	5.46	49.94	6	16.8	20.33	23.12	113.6	6	47	0.86	
2. <i>Carya ovata</i>	174	17.0	2.560	9.1	12	6.71	56.21	2.2	24	11.94	6.71	56.21	5	36	1.09	
3. <i>Clethra pringlei</i>	13	1.2	0.226	0.8	9.42	2.72	28.89	6.6	12	13.5	7.68	56.89	5	20	0.85	
4. <i>Quercus xalapensis</i>	76	7.4	0.953	3.4	11.4	6.4	58.49	4.8	22	10.95	6.4	58.49	6	38	0.3	
5. <i>Rapanea myricoides</i>	25	2.5	0.213	0.8	11.7	4.4	37.68	7	21	10	2.82	28.28	6	15	1.19	
6. <i>Liquidambar styraciflua</i>	38	3.7	0.879	3.1	14.1	5.718	40.7	6.7	28	14.41	9.69	67.28	7	44	1.07	
7. <i>Magnolia shiedeana</i>	51	4.9	2.625	9.3	13.2	4.07	30.78	6.9	19	23.25	11.23	48.34	6	46	0.66	
8. <i>Mirandaceites monoica</i>	38	3.7	0.212	0.8	9.57	3.38	35.37	5.2	14.3	6.08	2.46	30.51	6	15	1.2	
9. <i>Ostrya virginiana</i>	178	17.3	2.406	8.6	10.4	3.75	36.12	4.8	19	10.89	7.4	68.01	5	39	1.1	
10. Desconocido 1	6	0.6	0.037	0.1	7.15	0.21	2.12	7	7.3	8.5	2.12	24.95	7	10	0.86	
11. <i>Pinus montezumae</i>	10	1.0	1.344	4.8	17.7	1.815	10.27	16	19.6	54	11.68	28.24	31	54	0.44	
12. <i>Podocarpus reichei</i>	140	13.6	2.594	9.2	9	3.98	44.32	3.5	20	13.29	7.83	58.92	5	39	0.74	
13. <i>Quercus germana</i>	44	4.3	3.186	11.3	15.4	7.102	46.2	5	24.1	24.93	17.75	71.21	6	60	0.76	
14. <i>Senecio lanicaulis</i>	6	0.6	0.025	0.1	4.5	1.41	31.42	3.5	5.5	7	1.41	20.2	6	8	0.67	
15. <i>Quercus sartorii</i>	149	14.5	7.505	26.7	17.8	6.064	34.1	4.9	27.1	22.47	11.81	52.5	5	44	0.93	
16. <i>Temstroemia sylvatica</i>	25	2.5	0.076	0.3	5.42	1.46	27.05	2.8	7	6.12	0.99	16.18	5	8	0.9	
17. <i>Tilia houghii</i>	10	1.0	0.822	2.9	15.5	2.15	13.94	13	17	30	17.34	57.83	15	49	0.33	
18. <i>Zanthoxylon aff. Caribeum</i>	19	1.9	0.214	0.8	11	3.35	30.8	6	15.4	15	1.94	16.4	10	15	0.93	
19. otras**	12	1.2	1.658	5.9	12.1	9.358	77.3364	4.3	25	26.75	35.57	132.9	6	80	0.72	
Total	1024	100	28.11	100	12.1	5.517	45.6734	2.2	28	14.95	11.24	75.2024	5	80	0.9587	

\*\* *Acer skutchii*, *Berberis hartwegii*, *Cercis canadensis* y *Nectandra sanguinea*

N = Número de árboles, G = Área basal, h = Altura media, s = Desviación estándar, c.v = Coeficiente de variación, d1.3 = Diámetro promedio  
h/d = relación altura diámetro

### 7.5.3. Estructura espacial.

Respecto a la distribución espacial de los árboles dentro de las parcelas, los valores del índice de distancias ( $\bar{D}_i$ ) de la P<sub>1</sub> presentaron un rango de 0.59 a 7.5 m y  $\bar{D}_{i1} = 2.53$  m; mientras que en la P<sub>2</sub> los valores fluctuaron entre 0.42 a 5.47 m con  $\bar{D}_{i2} = 2.20$ . Estos promedios comparados a través de una prueba de t (0.05, n-1) suponiendo varianzas iguales, son significativamente diferentes con  $p \leq 0.01$ ; lo que significa que el arreglo de los árboles presenta una estructura espacial diferente respecto a las distancias entre un árbol *i* y sus cuatro vecinos más cercanos. En la Figura 7.1, se presenta la distribución de las clases de distancia entre árboles de ambas parcelas y puede observarse que en la P<sub>2</sub> el 81.35% de los árboles presentan distancias entre 1 y 3 metros, mientras que en la P<sub>1</sub> solo un 73% de sus árboles tienen esta distancia; situación que los hace tener una distribución diferente, debido posiblemente a que en la P<sub>2</sub> los espacios abiertos con la tala de árboles fueron colonizados principalmente por

*Liquidambar styraciflua* con una alta densidad por lo que se encuentra actualmente en una etapa de autoaclareo.

**Cuadro 7.3.** Características dasométricas encontradas en la P<sub>2</sub> en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México

Especie	N/ha		G/ha(m2)		Altura (m)					Diámetro (cm)				h/d	
	abs	rel	Abs	Rel	h	Sh	Sh%	min	max	d1.3	sd	Sd%	min		max
1. <i>Acer shutchii</i>	6	0.46	0.1887	0.47	19	1.1	5.757	18	20.2	19.7	4.51	22.928	15	24	1.016
2. <i>Carya ovata</i>	80	6.16	0.9577	2.36	11	5.44	47.929	6	29	10.1	7.23	71.729	5	45	1.241
3. <i>Cercis canadensis</i>	4	0.31	0.1162	0.29	18	0.42	2.3184	18	18.6	19	4.24	22.33	16	22	0.985
4. <i>Clethra pringlei</i>	54	4.16	0.473	1.17	8.4	3.62	42.88	5	23	8.78	5.98	68.159	5	35	1.051
5. <i>Quercus xalapensis</i>	24	1.85	1.4901	3.68	16	7.67	48.858	5.8	26	22.5	17.6	78.264	6	59	0.896
6. <i>Rapanea myricoides</i>	36	2.77	0.2592	0.64	9.8	2.85	29.038	5.7	15.4	8.89	3.66	41.18	5	16	1.18
7. <i>Liquidambar styraciflua</i>	410	31.59	18.3696	45.3	19	6.72	36.043	3.8	30	21.1	11.2	52.806	5	70	1.001
8. <i>Magnolia shiedeana</i>	8	0.62	0.3352	0.83	13	7.31	55.887	7.3	24	17	18.1	106.21	6	44	1.042
9. <i>Mirandaceltis monoica</i>	46	3.54	0.4771	1.18	9.6	2.99	31.107	3	16.9	9.78	6.16	63.011	5	29	1.136
10. <i>Nectandra sanguinea</i>	6	0.46	0.0335	0.08	9.9	1.9	19.136	8	11.8	8.33	1.53	18.33	7	10	1.206
11. <i>Ostrya virginiana</i>	226	17.41	2.7117	6.69	12	3.76	31.925	5.1	22.8	10.8	6	55.399	5	38	1.205
12. <i>Pinus montezumae</i>	24	1.85	3.5943	8.87	17	5.73	32.877	7.5	25.1	38.2	22.2	58.061	6	74	0.568
13. <i>Podocarpus reichei</i>	80	6.16	1.2398	3.08	9.1	3.6	39.367	3	24.9	11.6	7.99	68.698	5	54	0.877
14. <i>Quercus germana</i>	36	2.77	0.9695	2.39	12	6.01	49.201	6	23.8	14.1	12.3	87.433	5	41	1.114
15. <i>Quercus sartorii</i>	128	9.86	7.3001	18.0	18	7.95	43.828	6.2	30	22.6	14.9	65.819	5	54	0.967
16. <i>Senecio lanicaulis</i>	4	0.31	0.0154	0.04	8.3	0.35	4.2855	8	8.5	7	0	0	7	7	1.179
17. <i>Temstroemia sylvatica</i>	80	6.16	0.2675	0.66	6	1.57	26.36	2.5	10.4	6.33	1.62	25.666	5	14	0.959
18. <i>Zanthoxylon aff. Canbeum</i>	6	0.46	0.1103	0.27	11	7.71	67.244	5	20	14	7.55	53.927	6	21	0.804
19. <i>Columbrina elliptica</i>	4	0.31	0.0214	0.05	7.5	0.71	9.4281	7	8	8	2.83	35.355	6	10	0.983
20. <i>Eugenia capuli</i>	4	0.31	0.2848	0.70	11	3.89	36.178	8	13.5	24.5	24.7	101.02	7	42	0.732
21. <i>Witheringia mexicana</i>	4	0.31	0.0416	0.10	7	1.41	20.203	6	8	11.5	0.71	6.1488	11	12	0.606
22. <i>Carpinus caroliniana</i>	10	0.77	0.0463	0.11	7.4	1.99	26.758	4.8	9.1	7.4	2.3	31.11	5	11	1.029
23. Desconocido 1	4	0.31	0.0441	0.11	8.4	2.68	31.98	4.8	12	9	4.64	51.52	5	16	1.013
24. <i>Prunus serotina</i>	4	0.31	0.0393	0.10	13	0.71	5.6569	12	13	11	2.83	25.713	9	13	1.167
25. otras**	10	0.77	1.1415	2.82	21	6.36	31.044	16	25	40	22.6	56.569	24	56	0.557
Total	1298	100	40.53	100	12	3.78	31.012	7.3	18.8	15.2	8.53	50.695	7.44	32.7	0.981

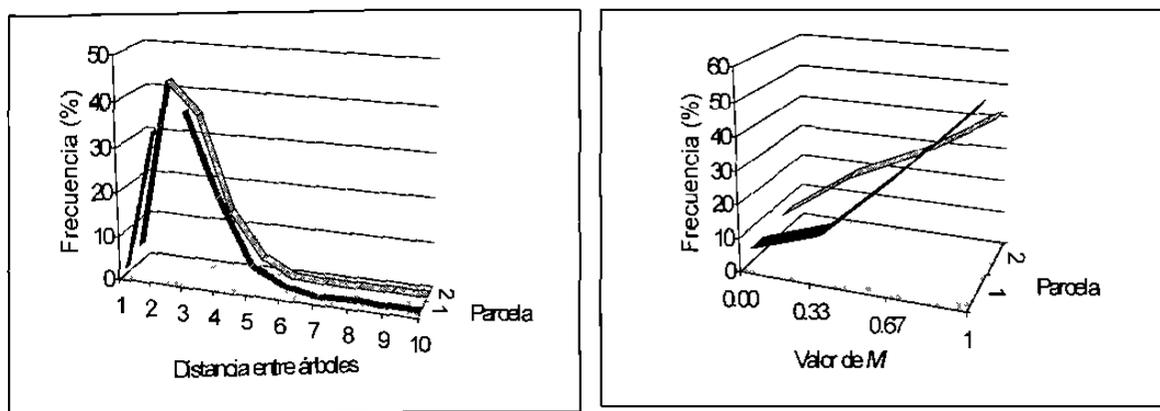
\*\* *Abies vejarii*, *Bernardia interrupta*, *Pinus patula*, *Celtis iguanea* (Jacq.) Sarg y desconocido 4.

N = Número de árboles, G = Área basal, h = Altura media, s = Desviación estándar, c.v = Coeficiente de variación, d1.3 = Diámetro promedio, h/d = relación altura diámetro

El grado de mezcla de especies, mostró también diferencias significativas entre los valores promedio de este índice con  $P \leq 0.01$ . Los valores medios en estas fracciones fueron  $\bar{M}i_1 = 0.77$  y  $\bar{M}i_2 = 0.66$ ; lo que señala que en la P<sub>1</sub> los árboles no tienden a agruparse sino que se mezclan con las demás especies en mayor grado que en la P<sub>2</sub>, donde abundancia de especies es más heterogénea. (Gadow *et al.* 2001). Mediante la representación gráfica de la distribución de los valores de este índice (Figura 7.1), se puede analizar en forma más precisa la estructura espacial de los árboles. Se aprecia por ejemplo que la P<sub>2</sub>, tiene un 10% más de árboles con un valor de mezcla igual a 0.33 que la P<sub>1</sub>. El 20% de los árboles en esta parcela tienen solamente un vecino de

una especie distinta cuando se agrupan en sitios estructurales de cuatro árboles. Por otro lado en la  $P_1$  el 53% de los árboles conviven con tres especies diferentes, cuando son tomados como árbol centro; mientras que en la  $P_2$  esta situación ocurre en un porcentaje de 43% solamente. Estas situaciones hacen entonces que la  $P_2$  tenga una distribución espacial con una tendencia a la formación de grupos de la misma especie y ligeramente más regular que en la  $P_1$ . En ambas parcelas las especies que más se mezclan son *Quercus germana*, *Clethra pringlei* y en menor grado *Ostrya virginiana*; una distribución espacial al azar para las primeras dos fue reportada por Puig y Bracho (1987), resultados que coinciden con la evaluación de este índice.

El índice R de Clark y Evans, que es el más utilizado para evaluar el grado de regularidad de la distribución en el terreno de los árboles que componen una masa forestal (Gadow *et al.* 2001), tuvo un valor de 0.92 para la  $P_1$  y 0.88 en la  $P_2$ ; lo que significa que en la  $P_1$  la distribución de los árboles es más aleatoria, mientras que en la  $P_2$  existe una tendencia de agruparse en algunas porciones del terreno total como consecuencia de las cortas que existieron en esta fracción.



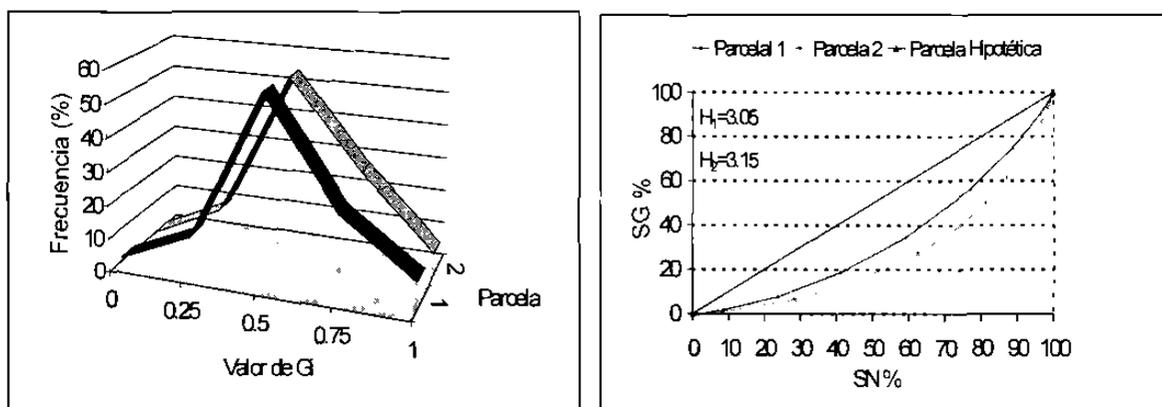
**Figura 7.1.** Distribución y comparación de los valores del índice de distancias ( $D_i$ ) y del grado de Mezcla ( $M_i$ ) de dos parcelas experimentales en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.

Los resultados del índice de Gadow coinciden con el índice anterior, ya que también define una distribución del arbolado con la misma tendencia de aleatoriedad para la  $P_1$  con valor de 0.55 y de formación de grupos en la  $P_2$  cuyo valor es de 0.60; sin embargo,

la prueba estadística de t no reflejó diferencias significativas en los estos valores, debido a que el rango que puede tener es índice es solamente de una unidad. La distribución de los valores obtenidos se muestra en la Figura 7.2, donde se observa que la diferencia principal se encuentra en que la  $P_2$ , tiene un 5% más de grupos estructurales de cinco árboles con un valor de 0.75, situación que hace que este rodal tenga un valor mayor y por lo tanto se deriva que los árboles tiendan a agruparse.

#### 7.5.4. Estructura dimensional.

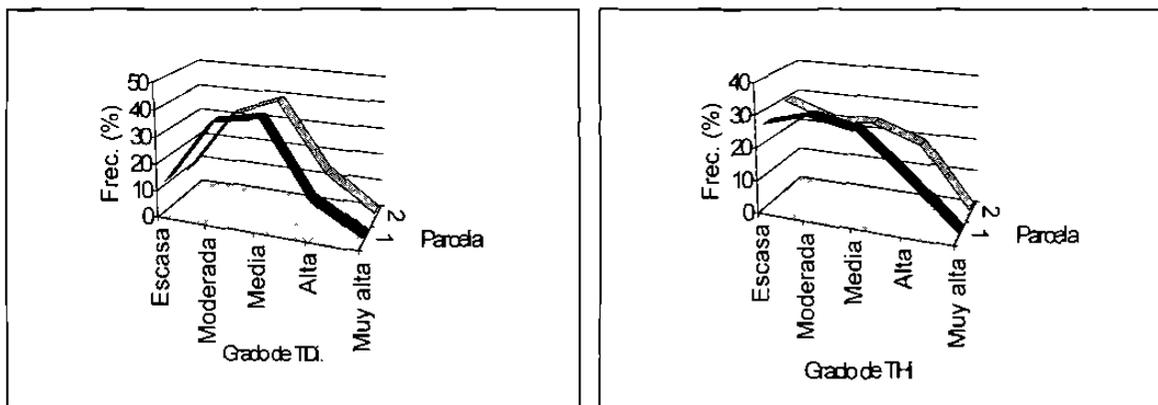
Las variables para describir el grado de diferenciación dimensional en términos generales señalan una mayor heterogeneidad en los árboles de la parcela donde existieron aprovechamientos forestales. En la Figura 7.2 se muestran también las curvas de Lorenz, que se obtuvieron para el área basal y cuyos valores del coeficiente de homogeneidad  $H$  fueron de 3.05 y 3.15 para las parcelas 1 y 2, respectivamente. En la  $P_1$ , la curva se encuentra más cercana a la línea de referencia, lo cual representa una mayor homogeneidad en su estructura arbórea.



**Figura 7.2.** Distribución y comparación del Índice de Gadow (izquierda) y coeficiente de homogeneidad  $H$  para el área basal (Derecha), en dos parcelas experimentales en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México.

Los valores promedio de la diferenciación diamétrica fueron de  $TD_1 = 0.42$  y  $TD_2 = 0.44$ . Valores significativamente diferentes al ser evaluados a través de una prueba de t al 95

% de confianza ( $p \leq 0.05$ ). Esta diferencia se debe a que la  $P_2$  tiene alrededor de un 4% más de árboles distribuidos en las clases de diferenciación alta y muy alta que la  $P_1$ , situación que se puede observar en la Figura 7.3. Por otro lado, el índice de diferenciación en altura presenta también un valor más grande en la parcela con evidencias de aprovechamientos forestales ( $TH_2 = 0.37$ ) y es estadísticamente diferente con  $p \leq 0.05$  a la parcela sin tal evidencia ( $TH_1 = 0.35$ ). La Figura 7.3, muestra también la distribución del índice de diferenciación en altura de los árboles y de sus cuatro vecinos más próximos en cinco grupos de diferenciación y puede observarse un mayor número de sitios con clases de diferenciación alta y muy alta al igual que en la diferenciación diamétrica. Los resultados de este índice sugieren que los espacios abiertos con la tala de árboles en  $P_2$  permitieron el incremento diámetro y en altura de algunos de ellos y también el establecimiento de nuevos individuos que se encuentran en una etapa de competencia (Torres, 2001).



**Figura 7.3.** Distribución de los valores del grado de diferenciación (TDi izquierda y THi derecha) para dos parcelas experimentales en el bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México.

El análisis de la estructura vertical señala una mayor homogeneidad en la ocurrencia de especies en los estratos de la  $P_1$  ( $A = 3.43$  y  $E = 0.78$ ), que en la  $P_2$  cuyos valores fueron ( $A = 3.23$  y  $E = 0.69$ ). El Cuadro 7.5, muestra la distribución de las especies de acuerdo al número de árboles (abundancia) y el área basal (dominancia) dentro de sus

diferentes estratos. En el se expresan los valores absolutos  $\text{ha}^{-1}$  y además, se presentan entre paréntesis los valores relativos de número de árboles y área basal.

La  $P_1$  presenta una variación de 72.91 a 462 árboles  $\text{ha}^{-1}$  en la abundancia de sus estratos, siendo el estrato I el de menor abundancia con 7.12% del total de árboles y representado por seis especies, dominando las especies *Quercus sartorii* y *Quercus germana*; mientras que el estrato III es aquel en el que ocurre el mayor número de árboles (45.20% del total) con 16 especies, dominando en el *Ostrya virginiana* con un 10% del total de los árboles en esta fracción. Por otra parte el 77.72% del área basal se encuentra concentrada en los estratos I y II, aportada por 15 especies, donde sobresalen las del género *Quercus*. con el 30% del total. Mientras que la  $P_2$  se observa un mayor rango de variación en la abundancia de los estratos que va desde 218 a 594 arboles  $\text{ha}^{-1}$  para los estratos II y III, siendo estos los de menor y mayor abundancia respectivamente; el estrato II, esta representado por 13 especies donde las más abundantes son *Liquidambar styraciflua* (8.9% de la abundancia total) y *Ostrya virginiana* (3.5% del total de los individuos). En el estrato III se encuentran 23 especies, donde también *Liquidambar styraciflua* (8.01% del total de árboles) es la especie más abundante, seguida por *Carya ovata* (4.46 %). En esta parcela a diferencia de la  $P_1$  una mayor cantidad de área basal se distribuye en los dos primeros estratos (84.23%), debido al incremento diámetro provocado por los tratamientos silvícolas que tuvieron lugar en esta parcela. Se puede observar también en este cuadro, que en términos generales los parámetros de abundancia y dominancia se encuentran mejor balanceados en sus cuatro zonas de altura en la parcela sin aprovechamientos forestales, en comparación con la parcela donde existe tal evidencia; de lo cual de deduce, que las especies se distribuyen en forma distinta en los perfiles verticales de estas parcelas y que además, la apertura de espacios por la tala de árboles en la  $P_2$  permitió que la especie *Liquidambar styraciflua* domine la comunidad, debido a su característica de heliófila y a que posee gran eficacia de expanderse mediante reproducción vegetativa (Sosa y Puig, 1987).

La figura 7.4 muestra gráficamente la distribución vertical de las especies para ambas parcelas en cuatro estratos de altura, donde puede observarse que en la  $P_1$ , la

ocurrencia de las especies en las diferentes zonas de altura se encuentra mejor balanceada que en la P<sub>2</sub>. Por otro lado, los estratos más diversos fueron el IV y III en la P<sub>1</sub> y la P<sub>2</sub> respectivamente, con un 80% y un 79% del total de las especies en cada una de las parcelas. Además, se puede observar en ella que los valores más altos de área basal son aportados por las especies *Quercus sartorii*, *Liquidambar styraciflua*, *Carya ovata* y *Ostrya virginiana* en los estratos donde aparecen, con lo cual se deduce que estas especies desempeñan un papel importante en la ecología de estos bosques (Puig y Bracho, 1987 y Corral et. al. 2001). La secuencia de especies se presenta en el estrato IV y la clave de las especies se muestra en el Cuadro 7.4.

**Cuadro 7.4.** Clave de las especies encontradas en dos parcelas experimentales de b.m.m. en "El Cielo", Tamaulipas, México.

Especie	Clave	Especie	Clave
1. <i>Liquidambar Styraciflua</i>	L.s	18. <i>Nectandra sanguinea</i>	N.s
2. <i>Ostrya virginiana</i>	O.v	19. <i>Zanthoxylon aff. Caribeum</i>	Z.c
3. <i>Quercus sartorii</i>	Q.s	20. <i>Cercis canadensis</i>	C.c
4. <i>Carya ovata</i>	C.o	21. <i>Senecio lanicaulis</i>	S.l
5. <i>Podocarpus rechei</i>	P.r	22. <i>Columbrina elliptica</i>	C.e
6. <i>Temstroemia sylvatica</i>	T.s	23. <i>Eugenia capuli</i>	E.c
7. <i>Clethra pringle</i>	C.p	24. <i>Witheringia mexicana</i>	W.m
8. <i>Mirandaceltis monoica</i>	M.m	25. Desconocido 2	D2
9. <i>Rapanea myricoides</i>	R.m	26. <i>Prunus serotina</i>	P.s
10. <i>Quercus germana</i>	Q.g	27. <i>Abies vejari</i>	A.v
11. <i>Quercus xalapensis</i>	Q.x	28. <i>Bernardia interrupta</i>	B.i
12. <i>Pinus montezuma</i>	P.m	29. <i>Pinus patula</i>	P.p
13. <i>Carpinus caroliniana</i>	C.c	30. <i>Celtis iguanea</i>	C.i
14. <i>Magnolia shiedeana</i>	M.s	31. <i>Tilia hounghii</i>	T.h
15. Desconocido 4	D4	32. Desconocido 1	D1
16. <i>Carya ministiciformis</i>	C.m	33. <i>Berberis hartwegii</i>	B.h
17. <i>Acer skutchii</i>	A.s		

**Cuadro 7.5** Distribución vertical de las especies de acuerdo al número de árboles y área basal, de dos parcelas experimentales en el bosque mesófilo de montaña en "El Cielo", Tamaulipas, México.

Parcela	ESTRATO												Total	
	I			II			III			IV			N/ha	m <sup>2</sup> /ha
	N/ha (%)	m <sup>2</sup> /ha (%)	N/ha (%)	m <sup>2</sup> /ha (%)	N/ha (%)	m <sup>2</sup> /ha (%)	N/ha (%)	m <sup>2</sup> /ha (%)	N/ha (%)	m <sup>2</sup> /ha (%)	N/ha (%)	m <sup>2</sup> /ha (%)	(100%)	(100%)
<i>Acer shutchii</i>	3.17 (0.30)	1.59 (5.66)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.17	1.59
<i>Carya ovata</i>	3.17 (0.30)	0.13 (0.46)	60.23 (5.88)	1.46 (5.21)	82.42 (8.04)	0.88 (3.13)	28.53 (2.78)	0.08 (0.29)	174.35	0.08 (0.29)	28.53 (2.78)	0.08 (0.29)	174.35	2.560
<i>Quercus xalapensis</i>	3.17 (0.30)	0.35 (1.27)	12.68 (1.23)	0.13 (0.49)	44.38 (4.33)	0.40 (1.43)	15.85 (1.54)	0.05 (0.18)	76.08	0.05 (0.18)	15.85 (1.54)	0.05 (0.18)	76.08	0.953
<i>Liquidambar styraciflua</i>	3.17 (0.30)	0.48 (1.71)	12.68 (1.23)	0.17 (0.59)	19.02 (1.85)	0.21 (0.74)	3.17 (0.30)	0.02 (0.07)	38.04	0.02 (0.07)	3.17 (0.30)	0.02 (0.07)	38.04	0.879
<i>Quercus germana</i>	12.68 (1.23)	2.03 (7.24)	12.68 (1.23)	1.04 (3.71)	12.68 (1.23)	0.06 (0.24)	6.34 (0.61)	0.03 (0.12)	44.38	0.03 (0.12)	6.34 (0.61)	0.03 (0.12)	44.38	3.186
<i>Quercus sartorii</i>	47.55 (4.64)	4.53 (16.14)	63.4 (6.19)	2.79 (9.93)	28.53 (2.78)	0.14 (0.50)	9.51 (0.92)	0.03 (0.12)	148.99	0.03 (0.12)	9.51 (0.92)	0.03 (0.12)	148.99	7.505
<i>Carya myristicaeformis</i>	---	---	3.17 (0.30)	0.55 (1.95)	3.17 (0.30)	0.01 (0.05)	3.17 (0.30)	0.008 (0.03)	9.51	0.008 (0.03)	3.17 (0.30)	0.008 (0.03)	9.51	0.363
<i>Rapanea myricoides</i>	---	---	3.17 (0.30)	0.02 (0.089)	19.02 (1.85)	0.17 (0.63)	3.17 (0.30)	0.008 (0.03)	25.36	0.008 (0.03)	3.17 (0.30)	0.008 (0.03)	25.36	0.213
<i>Magnolia shiedeana</i>	---	---	25.36 (2.47)	2.03 (7.24)	22.19 (2.16)	0.58 (2.06)	3.17 (0.30)	0.008 (0.03)	50.72	0.008 (0.03)	3.17 (0.30)	0.008 (0.03)	50.72	2.625
<i>Mirandaceltis monoica</i>	---	---	3.17 (0.30)	0.02 (0.07)	25.36 (2.47)	0.16 (0.57)	9.51 (0.92)	0.03 (0.10)	38.04	0.03 (0.10)	9.51 (0.92)	0.03 (0.10)	38.04	0.212
<i>Ostrya virginiana</i>	---	---	31.7 (3.09)	1.39 (4.97)	101.44 (9.90)	0.83 (2.96)	44.38 (4.33)	0.17 (0.62)	177.52	0.17 (0.62)	44.38 (4.33)	0.17 (0.62)	177.52	2.406
<i>Pinus montezumae</i>	---	---	9.51 (0.92)	1.34 (4.78)	---	---	---	---	9.51	---	---	---	9.51	1.34
<i>Podocarpus reichei</i>	---	---	12.68 (1.23)	1.10 (3.93)	72.91 (7.12)	1.07 (3.83)	53.89 (5.26)	0.41 (1.46)	139.48	0.41 (1.46)	53.89 (5.26)	0.41 (1.46)	139.48	2.594
<i>Tilia houghii</i>	---	---	6.34 (0.61)	0.76 (2.72)	3.17 (0.30)	0.05 (0.19)	---	---	9.51	---	---	---	9.51	0.822
<i>Zannithoxyon aff. Caribeum</i>	---	---	3.17 (0.30)	0.05 (0.19)	12.68 (1.23)	0.12 (0.43)	3.17 (0.30)	0.035 (0.12)	19.02	0.035 (0.12)	3.17 (0.30)	0.035 (0.12)	19.02	0.214
<i>Cercis canadensis</i>	---	---	---	---	3.17 (0.30)	0.024 (0.08)	---	---	3.17	---	---	---	3.17	0.024
<i>Clethra pringlei</i>	---	---	---	---	9.51 (0.92)	0.20 (0.73)	3.17 (0.30)	0.02 (0.07)	12.68	0.02 (0.07)	3.17 (0.30)	0.02 (0.07)	12.68	0.226
<i>Desconocido1</i>	---	---	---	---	3.17 (0.30)	0.024 (0.08)	---	---	6.34	0.01 (0.04)	3.17 (0.30)	0.01 (0.04)	6.34	0.037
<i>Berberis hartwegii</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	3.17	0.03 (0.10)	3.17 (0.30)	0.03 (0.10)	3.17	0.03
<i>Nectandra sanguinea</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	3.17	0.008 (0.03)	3.17 (0.30)	0.008 (0.03)	3.17	0.008
<i>Senecio lanicaulis</i>	---	---	---	---	---	---	6.34 (0.61)	0.02 (0.08)	6.34	0.02 (0.08)	6.34 (0.61)	0.02 (0.08)	6.34	0.02
<i>Temstroemia sylvatica</i>	---	---	---	---	---	---	25.36 (2.47)	0.076 (0.27)	25.36	0.076 (0.27)	25.36 (2.47)	0.076 (0.27)	25.36	0.27
<b>Total</b>	<b>72.91 (7.1)</b>	<b>9.14 (32.5)</b>	<b>259.94 (25.3)</b>	<b>12.90 (45.92)</b>	<b>462.82 (45.2)</b>	<b>4.98 (17.73)</b>	<b>228.24 (22.2)</b>	<b>1.07 (3.8)</b>	<b>1024</b>	<b>1.07 (3.8)</b>	<b>228.24 (22.2)</b>	<b>1.07 (3.8)</b>	<b>1024</b>	<b>28.11</b>
<i>Carya ovata</i>	6 (0.46)	0.44 (1.10)	4 (0.30)	0.11 (0.28)	58 (4.46)	0.36 (0.88)	12 (0.92)	0.03 (0.08)	80	0.03 (0.08)	12 (0.92)	0.03 (0.08)	80	0.9577
<i>Quercus xalapensis</i>	10 (0.77)	1.35 (3.35)	---	---	12 (0.92)	0.12 (0.31)	2 (0.15)	0.005 (0.01)	24	0.005 (0.01)	2 (0.15)	0.005 (0.01)	24	1.4901
<i>Liquidambar styraciflua</i>	164 (12.63)	13.56 (33.46)	116 (8.93)	3.71 (9.17)	104 (8.01)	0.98 (2.43)	26 (2.00)	0.10 (0.24)	410	0.10 (0.24)	26 (2.00)	0.10 (0.24)	410	18.3696
<i>Quercus germana</i>	4 (0.30)	0.40 (1.00)	6 (0.46)	0.45 (1.12)	22 (1.69)	0.10 (0.25)	4 (0.30)	0.007 (0.01)	36	0.007 (0.01)	4 (0.30)	0.007 (0.01)	36	0.9695
<i>Quercus sartorii</i>	54 (4.16)	6.44 (15.89)	18 (1.38)	0.46 (1.15)	42 (3.23)	0.35 (0.87)	14 (1.07)	0.03 (0.08)	128	0.03 (0.08)	14 (1.07)	0.03 (0.08)	128	7.3001



## 7.6. CONCLUSIONES

El empleo de variables estructurales permite comparar una masa natural determinada con una obtenida artificialmente, a través de su caracterización estructural y de sus características o variables dendrométricas básicas, con lo que es posible mejorar las decisiones silvícolas. Los aprovechamientos forestales que existieron en una de las parcelas del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México, modificaron la diversidad de especies; la distribución de los árboles tendió a formar grupos y la diferenciación en tamaños aumentó significativamente. La apertura de espacios dentro del b.m.m permite la colonización de especies de carácter heliófilo como *Liquidambar styraciflua*; por lo tanto debe tenerse cuidado en la intensidad de aplicación de los tratamientos silvícolas en estas comunidades vegetales, ya que de lo contrario la distribución horizontal y vertical de los árboles se verán afectadas.

## 7.7. AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por la beca crédito otorgada al primer autor y el apoyo financiero al proyecto 28185-B.

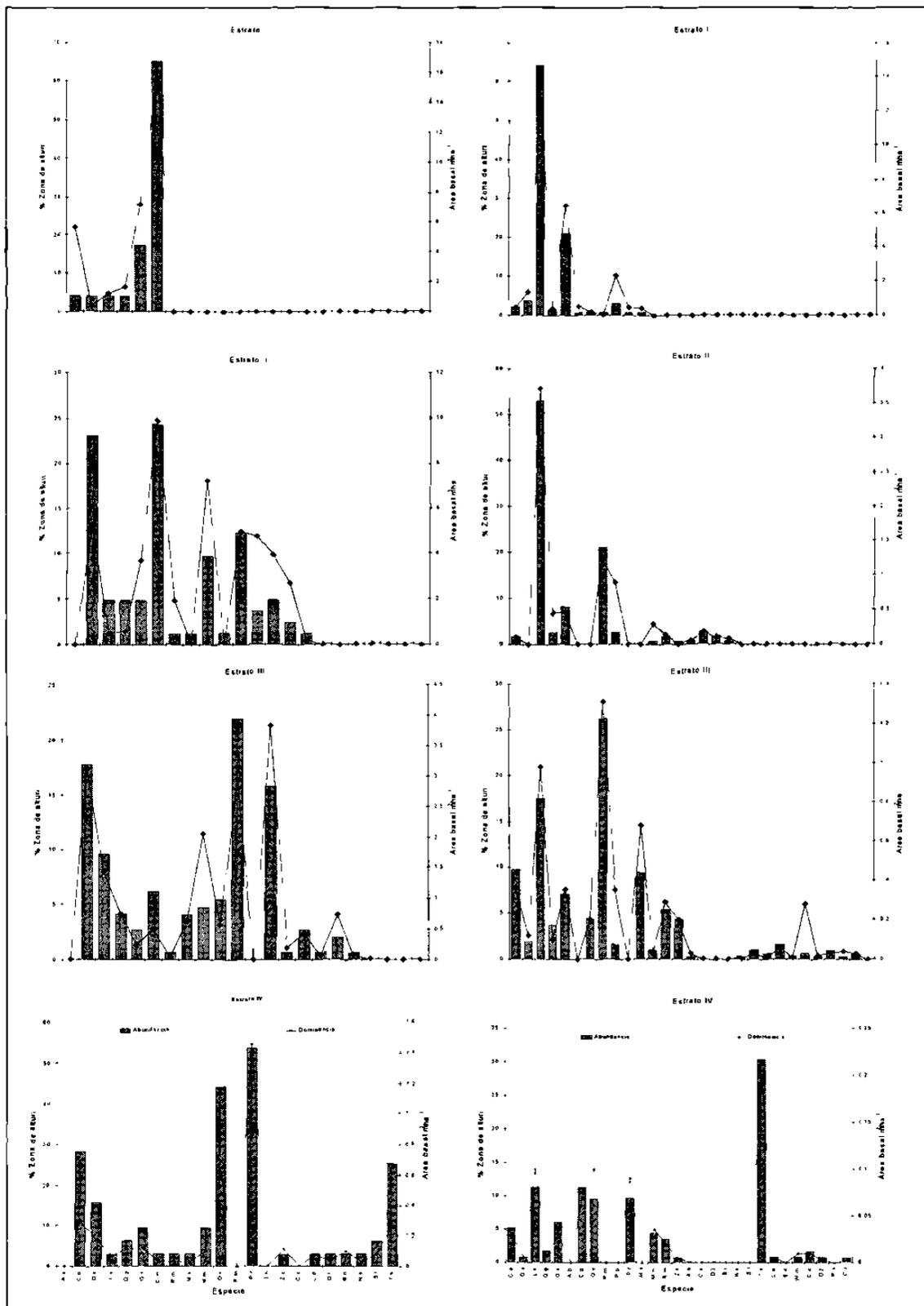


Figura 7.4. Distribución vertical de las especies de acuerdo a su proporcionalidad de zona de altura por estrato y su porcentaje del área basal total. (Izq. Parcela 1 y Der. Parcela 2).

## 7.8. BIBLIOGRAFIA.

- AGUIRRE, O.; KRAMER, H.; JIMÉNEZ, J. 1998. Análisis de la estructura de ecosistemas forestales. Un caso de estudio en Durango. México. Memoria del Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, Valdivia, Chile, 11p.
- AGUIRRE, O. 1999. Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. Revista Ciencia Forestal en México. En prensa.
- AYYAPPAN, N.; PARTHASARATHY, N. 2001. Composition, population structure and distribution of Dipterocarps in a tropical evergreen forest at varagalaiar, anamalais, Western Ghats, South India. Journal of Tropical Forest Science. 13(2). 297-310.
- BIBER, P. 1997. Analyse verschiedener Strukturaspekte von Waldbeständen mit dem Wachstumssimulator SILVA 2. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung in Grünberg. pp. 100-120.
- CLARK, P.; EVANZ, F.C. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships. Ecology 35 (4): 445-453.
- CORRAL, J. AGUIRRE, O.; JIMENEZ, J.; NAVAR, J. 2001. Descripción ecológica de dos fracciones de bosque mesófilo de montaña en la reserva de la biósfera "El Cielos", Tamaulipas, México. VI Simposio de Ciencia y Tecnología. Monterrey, N.L.
- CORRAL, R. S. 1999. Tecnologías matemáticas para el desarrollo de modelos de crecimiento de bosques mixtos e irregulares de Durango, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 140p.
- COURBAUD, B.; GOREADUD, F.; DREYFUS, P.h.; BONNET, F.R. 2001. Evaluating thinning strategies using a tree distance dependet growth model: some axamples based on the CAPSIS software "uneven-aged spruce forest" module. For. Ecol. and Management 145, 15-28.
- DE CAMINO, R. 1976. Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität. Allgemeine

- Forst Und Jagdzeitung, 147, (2/3): 54-58.
- GADOW, K. v; FÜLDNER, K. 1992. Bestandesbeschreibung in der Forsteinrichtung. Tagungsbericht der Arbeitsgruppe Forsteinrichtung, Kiefern bei Dessau.
- GADOW, K. v.; HUY, G. Y.; ALBERT, M. 1998. Das Winkelmaß – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*.
- GADOW, K. v.; REAL, P.; ALVAREZ, G. J. 2001. Modelización del crecimiento y la evaluación de los bosques. Notas de la Escuela Superior de Lugo. Santiago de Compostela, Galicia., España. 242 p.
- GLEICHMAR, W.; GEROLD, D. 1998. Indizes zur Charakterisierung der horizontalen Baumverteilung. *Forstwiss. Centralbl.* 117, 69-80.
- JIMENEZ, J.; TORRES, L.; BACA, J. 1999. Descripción estructural de un ecosistema de *Pinus-Quercus* en la Sierra Madre Oriental. IV Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Durango, Dgo. México.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Cooperación Técnica de la República Federal Alemana (GTZ). pp: 57.
- NAGEL, J. 1994. Structural analysis of the forest reserve Saubrink on the basis of a permanent sample plot data. Mixed Stands. Research Plots. Measurements and Results. Models. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups S4.01-03 S4-01-04 in Lousã/Coimbra. Portugal. pp. 81-96.
- NEUMANN, M.; STARLINGER, F. 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *For. Ecol. and Management*. 145, 91-106.
- PAYANDEH, B. 1970. Comparison of methods for assessing spatial distribution of trees. *For. Sci.* 16, 312-317.
- PANDE, P. K. 2001. Structures of tropical dry deciduous teak (*Tectona Grandis*) forests of Satpura Plateau (India) with special emphasis on regeneration and disturbance. *Journal of Tropical Forest Science* 13(2). 322-328.
- POMMERENING, A.; Wiergard, C.; Gadow, K. V. 1996. Bestandesinventuren in

- strukturreichen Wäldern. Information für die Zielstärken – und Wertnachhaltigkeit. Projektbericht. Göttingen. 68 p.
- POMMERENING, A. 1997. Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in Strukturreichen Wäldern. Tesis doctoral. Universidad de Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen, 150 p.
- PRETZSCH, H. 1996. Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handels. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. Vol. 67, No. 11, pp. 213-221.
- PUIG, H.; R. BRACHO. 1987. El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Instituto de Ecología. México. 186 p.
- PUIG, H. 1993. Árboles y abustos del bosque mesófilo de montaña de la reserva El Cielo, Tamaulipas, México. 83 p.
- QUIÑONEZ, M.A. 2000. Caracterización silvícola y estructural de Rodales de *Pinus pseudostrobus* Lindl, en el Sur de Nuevo León. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 93p.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.
- SHANNON, C.E. 1948. The mathematical theory of communication. En C.E. Shannon; W. Weaver (Ed): The mathematical theory of comunicación urbana, Univ. Of Illinois Press 3-91.
- SIMPSON, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163, 688.
- SOSA, V. J.; PUIG, H. 1987. Regeneración del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña. CAPITULO VI. El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Instituto de Ecología. México. 186 p.
- THOMASIUS, H.; SCHMIDT, P. 1996. Wald forstwirtschaft und Umwelt. Economica Verlag. Bonn. 435 p.
- VARGAS, L. B. 1999. Caracterización de la productividad y estructura de *Pinus hartwegii* Lindl. En tres gradientes altitudinales en el cerro potosi, Galeana, Nuevo León. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 93p

