

## **CAPITULO VIII**

### **SIMULACION DEL METODO MEXICANO DE ORDENACION DE MONTES SOBRE LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE LOS BOSQUES MIXTOS E IRREGULARES DEL SUDOESTE DE DURANGO, MEXICO**

**José de Jesús Graciano L<sup>1</sup> José de Jesús Návar Ch<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Ciencias Forestales, <sup>1</sup>Profesor Investigador, Facultad de Ciencias Forestales, UANL Km 145 Carretera Nacional Linares, N.L 67700 México e-mail: [jjgracis@hotmail.com](mailto:jjgracis@hotmail.com), [jnavar@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:jnavar@ccr.dsi.uanl.mx).

#### **8.1 RESUMEN**

El método de manejo mexicano de ordenación de montes está impactando la estructura de la diversidad - abundancia de los bosques de coníferas de la Sierra madre Occidental del centro - sur de Durango, México. Esta observación fue encontrada por modelar la diversidad - abundancia de 2700 subrodas bajo manejo y de 1070 sitios de monitoreo a través de siete índices de diversidad y cuatro modelos de diversidad - abundancia. El método reduce la diversidad por cosechar los árboles dominantes, los cuales generalmente pertenecen a pocas especies donde solo dominan *P. durangensis*, *P. cooperii* y *Quercus hoja mediana*. Existe la necesidad de entender la dinámica sucesional de estos bosques para determinar si la diversidad - abundancia se reestablece entre intervenciones que duran entre 10 a 15 años.

Palabras clave: índices de diversidad; Shannon, Simpson, Modelos de diversidad - abundancia; serie logarítmica, normal, logarítmica.

## 8.2 ABSTRACT

The Mexican Method of forest management is temporarily reducing the diversity – abundance of structure coniferus forest of the western Sierra Madre of south central Durango, Mexico. This observation was found by modeling the diversity – abundance of 2700 forest stands under management and 1070 monitoring forest stands using seven diversity index and four diversity – abundance models. The simulation of selective harvesting tree using MMOM significantly reduced the diversity – abundance by cutting dominant trees wich belong to several trees species when the dominant species are only *P. durangensis*, *P. cooperii* and *Q. medium* sized leaves. There is a need to understand the dinamic of forests sucesionl of these forests to determinate if the diversity – abundance comes back during rest periods between harvesting cycles wich last between 10 to 15 years.

Keys words: diversity index; Shannon, Simpson, diversity – abundance models; log series, normal log.

## 8.3 INTRODUCCION

Los bienes y los servicios esenciales de nuestro planeta dependen de la variedad y la variabilidad de los genes, las especies, las poblaciones y los ecosistemas (ONU, 1992). La diversidad es un factor esencial para mantener funcionando los ecosistemas forestales y esto hace que la conservación y gestión de la diversidad biológica sean aspectos importantes en la planificación forestal (FAO, 1999).

El Estado de Durango presenta una diversidad importante, con 19 tipos de vegetación presentes y 3,650 especies y subespecies (González, et al. 1991). Los bosques de pino – encino tienen importancia ecológica, ya que en ellos se encuentra presente la mayor cantidad de endemismos de la flora mexicana (Robles, 1994). García y González, 1998

reconocen para Durango 4 Géneros y 24 especies de pináceas: 2 de *Abies*, 1 de *Picea*, 1 de *Pseudotsuga* y 20 del género *Pinus*.

La diversidad y abundancia del estrato arbóreo de los bosques de coníferas se ha estado modificando por el manejo forestal. Históricamente los bosques del norte de México se han manejado con el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM), el cual es un método selectivo donde algunos de los árboles con diámetros mayores que ciertas dimensiones son extraídos, creando las condiciones adecuadas para el establecimiento de la regeneración. Este método intervino preferencialmente los árboles mejor conformados del género *Pinus*, el cual trajo consigo repercusiones en la degradación genética de los nuevos bosques y posibles cambios importantes en la estructura y diversidad de las especies presentes. A partir de mediados de los 1970's se introdujo el Método de Desarrollo Silvícola, el cual trata de homogeneizar las masas forestales en dimensiones estructurales (diámetro, altura, edad), a través de aclareos o intervenciones continuas, con una corta de regeneración y una final de liberación (Rosales, 1982). Este método puede ocasionar cambios severos en la diversidad porque las intervenciones eliminan a los individuos de menores dimensiones, las cuales generalmente son especies secundarias de la sucesión, y deja generalmente solo unas cuantas especies de interés comercial como árboles padres. Este trabajo pretende contribuir a generar conocimiento sobre la diversidad estructural de los bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental del Estado de Durango, donde no se han realizado trabajos relacionados.

La diversidad estructural se ha modelado con índices de diversidad y modelos de diversidad – abundancia. Los índices de diversidad y modelos de abundancia constituyen una herramienta para describir la estructura de diversidad de especies (Magurran, 1988). Muchos trabajos han sido referidos a estimar la diversidad, principalmente mediante el índice de Shannon y Simpson, pero pocos sobresalen en el estudio de la composición de especies de bosques templados. Entre otros trabajos realizados para describir la estructura y diversidad de especies en bosques destacan los de Dickman (1968); Risser (1971); Shafi (1973); Hill (1973); Peet (1975); Routledge

(1977, 1980); Alatalo (1977); Heltshe (1985); Milene (1986); Sgardelis (1990); Reiners (1992); Gauthier (1993); Tatoni (1994); Qian (1997) y Gimaret (1998). En México los trabajos de investigación sobre la diversidad y abundancia son pocos, sin embargo el concepto de diversidad y sus métodos de medición siguen siendo materia de discusión (Usher, 1983; MOPT, 1985). Otro aspecto poco estudiado es el efecto de las intervenciones humanas a través del manejo de bosques en la diversidad de las especies. La generación de este conocimiento es clave para formular alternativas de manejo apropiadas que deberán implementarse en función de los objetivos de manejo para la producción de bienes y servicios que proveen los ecosistemas forestales.

## **8.4 MATERIALES Y METODOS**

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

El estudio se realizó en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, correspondientes a predios administrados por la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 6, localizándose en el sistema montañoso denominado Sierra Madre Occidental. Esta pertenece a las subprovincias gran Meseta, cañones duranguenses y mesetas y cañones del sur, se encuentra entre las coordenadas 23°30' a 24°15' de latitud Norte y 105°15' a 105°45' de longitud Oeste, a 100 Km, al sudoeste de la ciudad de Durango. Las alturas sobre el nivel del mar fluctúan entre 1,400 y 2,600 metros. La región se encuentra dentro del grupo de climas templados C, sub-grupo de climas semicálidos (A)C(W<sub>1</sub>) y tipos semicálidos subhúmedos con lluvias en verano y precipitación media anual de 800 - 1200 mm y una temperatura media anual de 20 - 22°C. La geología de la región consiste en rocas ígneas extrusivas ácidas y basaltos del cretácico superior y cretácico inferior. Las rocas son del tipo sedimentario y vulcanoso sedimentario. Los tipos de suelos encontrados son Litosol, Cambisol, Regosol y Feozem.

Por su ubicación geográfica, la zona presenta diversas condiciones de vegetación que va desde selva baja caducifolia, masas puras de encino y pino y en su

mayor parte bosques mezclados de pino-encino. Las especies de mayor valor comercial, tanto por las características tecnológicas de su madera como por su amplia distribución son las del género *Pinus*: las especies listadas en orden de importancia por su volumen de aprovechamiento son: *Pinus cooperi* Blanco, *P. durangensis* Martínez, *P. leiophylla* Schl et Cham, *P. engelmannii* Carr, *P. cooperi* var *ornelasi*, *P. teocote* et Cham, *P. herrerae* Martínez. Otras especies de menor valor comercial, distribución y abundancia son *P. ayacahuite* Ehrenb, *P. lumholtzii* Rob et Fern, *P. douglasiana* Martínez, *P. michoacana* cornuta Martínez, *P. oocarpa* Schiede. Además se aprovechan algunas especies de encino (*Quercus spp*) y otras especies asociadas con las coníferas y hojosas de los géneros *Arbutus*, *Juniperus*, *Pseudotsuga*, *Abies* y *Picea*.

#### 8.4.2 Metodología

El estudio se basó en el análisis de 1070 rodales tipo, los cuales y corresponden a una red de sitios permanentes en donde se observaron las condiciones productivas y atributos dasométricos de los árboles individuales (diámetro, altura, diámetro de copa, azimut y distancia con respecto al centro) de los bosques de la región de El Salto Durango. Adicionalmente se utilizó información dasométrica de 6400 sitios de inventario correspondientes a 2700 subrodales de predios bajo manejo con características físicas y ecológicas diferentes. En los cuadros 8.1 y 8.2 se muestran los promedios de las variables dasométricas de los rodales analizados, las variables dasométricas área basal y cobertura por especies se muestran en los anexos 5 y 6 de este capítulo.

*Cuadro 8.1 Variables dasométricas promedio de rodales tipo de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México*

	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	altura (mts)	Densidad (Na ha <sup>-1</sup> )	Diámetro cudrático (cm)	Cobertura (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )
Promedio	23.87	216.19	11.92	569	23.59	6213.58
Desviación Estándar	13.68	129.23	2.77	332	4.59	3470.42
Máxima	88.01	796.24	27.04	2650	41.28	35010.50
Mínima	1.62	10.08	4.64	60	9.68	528.40

Cuadro 8.2 Variables dasométricas por género y por categoría diamétrica de bosques mixtos e irregulares de Durango, México

CD	PINO						ENCINO						OTRAS CONIFERAS						OTRAS HOJOSAS					
	Dq cm	H mts	N No	B m <sup>2</sup>	V m <sup>3</sup> h	ERT M <sup>3</sup> ha	Dq cm	Hm mts	N No	B m <sup>2</sup>	V m <sup>3</sup> h	ERT m <sup>3</sup> ha	Dq cm	Hm mts	N No	B m <sup>2</sup>	V m <sup>3</sup> h	ERT m <sup>3</sup> ha	Dq cm	H mts	N No	B m <sup>2</sup>	V m <sup>3</sup> h	ERT m <sup>3</sup> ha
<25	18.6	11.4	98	2.7	18.5	133.8	15.9	7.1	34	0.9	8.2	52.1	7.1	2.8	5	0.1	0.6	4.2	9.8	3.4	7	0.2	1.7	11.2
S	2.2	2.5	74	2.0	14.1	190.2	6.4	3.5	40	1.1	9.6	89.7	9.0	3.8	11	0.3	1.4	11.2	9.3	3.5	10	0.3	2.5	22.5
25-35	28.6	15.1	116	7.4	63.4	477.1	24.8	9.0	32	2.1	26.0	161.4	9.4	3.2	4	0.2	1.3	8.4	13.7	4.0	6	0.4	4.4	33.2
S	1.8	2.1	65	4.1	38.5	698.1	9.9	4.3	37	2.4	30.1	265.0	13.5	4.9	8	0.6	3.3	25.0	14.2	4.4	9	0.5	6.9	71.3
40-50	42.3	18.7	24	3.4	34.1	252.2	28.3	8.4	8	1.2	17.8	120.5	6.1	1.8	1	0.1	0.9	5.9	7.6	1.8	1	0.1	2.2	17.5
S	2.4	2.6	23	3.5	34.9	362.8	20.8	6.6	10	1.5	24.0	201.3	15.0	4.7	3	0.4	2.8	21.3	16.5	4.1	3	0.4	6.2	57.8
>50	58.8	21.0	8	2.2	22.8	160.9	34.2	8.1	3	1.1	17.4	150.5	3.1	0.7	0	0.1	0.5	3.9	4.5	0.9	0	0.1	1.2	12.0
S	11.8	3.6	14	4.0	39.9	222.7	32.9	8.0	5	1.6	25.5	274.7	13.3	3.3	1	0.3	3.2	21.7	15.9	3.2	1	0.3	4.9	53.0

S = Desviación estándar CD = Categoría diamétrica, Dq = Diámetro cuadrático, Hm = Altura media, N = Número de árboles,  
B = área basal, V = Volúmen, ERT = Existencias reales totales

Con la información de cobertura de los individuos de los rodales tipo, se definió el porcentaje de los tipos de vegetación de la región de El Salto, en base a la metodología de la FAO (1999), la cual establece que si el 75% de la cobertura corresponde a un mismo grupo de especies (hojasas o coníferas) entonces se consideran bosques puros de esos grupos de especies.

Para entender si la diversidad estuvo representada en los sitios circulares de inventarios forestales de 0.1 ha, se determinó la curva especie - área propuesta por Muller - Dumbois y Ellenberg (1974) en función del rodal tipo con mayor número de especies. Mediante subprogramas de computo SAS (Statistical Analysis System) elaborados por Návar y Graciano (1999 y 2000) se determinó la densidad y abundancia de los rodales tipo, ordenándola en forma matricial por especie y por rodal para posteriormente ajustar siete índices de diversidad - abundancia; dos de riqueza de especies (1) Margalef (2) Menhinick y cinco de abundancia proporcional de especies; dos estadísticos de información (1) Shannon y (2) Brillouin y tres medidas de dominancia y uniformidad (1) el recíproco de Simpson, (2) McIntosh y (3) el recíproco Berger Parker. Adicionalmente se ajustaron dos parámetros de los modelos de diversidad abundancia  $\alpha$  y  $\lambda$  que son considerados como índices de diversidad.

A la base original de rodales tipo se le simuló un manejo, bajo las premisas del Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM) en donde se eliminaron los

árboles mayores de 30 centímetros de diámetro normal y se les ajustaron los mismos índices de diversidad. Los índices antes mencionados se describen a continuación:

Margalef y Menhinick, dados por los modelos [1] y [2] respectivamente.

El índice de Margalef (Clifford y Stephenson, 1977; Magurran 1988) se expresa como:

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

donde: S = número de especies colectadas

N = número total de individuos sumando todos los de las S especies.

El índice de Menhinick (Whittaker, 1977; Magurran 1988) es:

$$D_{Mn} = S/\sqrt{N} \quad [2]$$

donde: S = número de especies colectadas

N = número total de individuos sumando todos los de las s especies.

El índice de diversidad de Shannon, basado en la abundancia proporcional de las especies, se encuentra dado por el modelo [3]

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

donde:  $p_i$  es la proporción de individuos hallados en la i-ésima especie

El índice de Brillouin descrito por (Pielou, 1969; Magurran 1988):

$$HB = (\ln N! - \sum \ln n_i!)/N \quad [4]$$

donde: HB = índice de Brillouin

N = número total de individuos

$n_i$  = número de individuos de la especie

El índice de Simpson, basado en una medida de dominancia, se encuentra dado por el modelo [5]

$$D = \sum p_i^2 \quad \text{recíproco} = 1/D \quad [5]$$

donde:  $p_i$  = abundancia proporcional de la i-ésima especie: ( $n_i/N$ ).

El índice de McIntosh (McIntosh, 1967; Magurran 1988) dado por las ecuaciones [6], [7] y [8]

$$U = \sqrt{(\sum n_i^2)} \quad [6]$$

$$D = N - U/N - \sqrt{N} \quad [7]$$

$$E = N - U/N - N \sqrt{S} \quad [8]$$

donde: U = Índice de McIntosh  
 D = Medida de dominancia de McIntosh  
 E = Medida de Uniformidad de McIntosh  
 N = Número total de individuos  
 S = Número total de especies

El índice de Berger Parker descrito por Berger Parker (1970); May (1975) y Magurran (1988) es:

$$d = N_{\max}/N \quad \text{reciproco} = 1/d \quad [9]$$

Donde: d = Índice de Berger Parker  
 N<sub>max</sub> = Abundancia máxima  
 N = Número total de individuos

El índice  $\alpha$  de la serie logarítmica [10] y el índice  $\lambda$  del modelo normal logarítmico [11] se describen en los modelos [9] y [10], a continuación:

$$\alpha = \frac{N - (1 - x)}{x} \quad [10]$$

donde: N = número total de individuos  
 x = es casi siempre > 0.9 y nunca > 1.0. Si la relación N/S > 20 entonces x > 0.99.

$$\lambda = \frac{S^*}{\sigma} \quad [11]$$

donde: S\* = número total de especies esperadas  
 $\sigma$  = desviación estándar



La validación del mejor índice de diversidad se realizó con el ajuste de distribución probabilística normal a través de una prueba de  $\chi^2$ , con correlaciones entre la abundancia y diversidad con el índice y finalmente con regresiones lineales múltiples entre la diversidad, abundancia y el índice de diversidad, respectivamente.

La estructura de la diversidad - abundancia de los rodales tipo y los rodales inventariado se modeló por medio de las distribuciones siguientes: (1) serie geométrica, (2) serie logarítmica, (3) el modelo normal logarítmico y (4) barra rota bajo la hipótesis: el rodal tipo "x" se ajusta al modelo de diversidad abundancia "x"

Se hicieron comparaciones entre los diferentes tipos de bosques y se analizó el efecto de la corta en la diversidad. Los modelos analizados están descritos por las ecuaciones matemáticas [12], [13], [14] y [15], respectivamente.

El modelo de la Serie geométrica descrito por Magurran (May, 1975; Magurran, 1988) es:

$$n_i = N C_k k(1-k)^{i-1} \quad [12]$$

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.

El modelo de la Serie logarítmica descrito por Fisher (1943); Magurran (1988) toma la forma:

$$\alpha x_1, \alpha x^2/2, \alpha x^3/3, \dots, \alpha x^n/n \quad [13]$$

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

El modelo normal logarítmico descrito por Preston (1949); May (1975); Magurran (1988) toma la forma siguiente:

$$S(R) = S_0 \exp(-a^2 R^2) \quad [14]$$

donde:  $S(R)$  = 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

El modelo de la barra rota descrito por Mc Arthur (1957); Magurran (1988) se reporta como:

$$S(n) = (S(S-1)/N)(1-n/N)^{s-2} \quad [15]$$

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

La bondad de ajuste de los modelos de diversidad – abundancia se probó mediante una prueba de  $\chi^2$  descrita por la ecuación [15]

$$\chi^2 = \frac{\sum_{esp}^n (Ae - Ao)^2}{Ao} \quad [16]$$

donde:  $Ae$  = abundancia esperada

$Ao$  = abundancia observada

Los modelos de diversidad – abundancia se ajustaron para tres tipos de rodales: a) sitios de inventario para manejo (2700), b) rodales tipo (1070) y c) rodales tipo con corta simulada con el MMOM.

## 8.5 RESULTADOS Y DISCUSION

## 8.5.1 Abundancia y número de especies

La abundancia promedio de la vegetación del estrato medio y superior de bosques templados de la región del Salto Durango fue de 632 árboles  $ha^{-1}$ , la cual corresponde a 13 especies del género *Pinus*, de los 20 registrados para la Sierra Madre Occidental del estado de Durango por García (1998); 4 especies de otras coníferas (*Juniperus*, *Pseudotsuga*, *Cupressus* y *Abies*), 3 grupos de especies de *Quercus spp* (Encino hoja chica, mediana y grande) y 13 especies de otras latifoliadas (*Arbutus*, *Alix*, *Prunus*, etc.). La abundancia se reporta en el cuadro 8.3

Cuadro 8.3 Abundancia de especies en bosques mixtos e irregulares del Salto Durango, México

Clave de manejo	Especie	Abundancia (Na $ha^{-1}$ )		Clave de manejo	ESpecie	Abundancia (Na $ha^{-1}$ )	
		X	S			X	S
01	<i>P. cóoperi</i>	104	153	50	Aile ( <i>Alnus firmifolia</i> )	7	36
02	<i>P. durangensis</i>	88	145	51	Madrono ( <i>Arbutus sp</i> )	26	46
03	<i>P. engelmannii</i>	3	26	52	Fresno ( <i>Fraxinus sp.</i> )	1	1
04	<i>P. leiophylla</i>	61	85	53	Alamillo ( <i>populus wislizenii</i> )	***	***
05	<i>P. herrerae</i>	21	86	54	Margarita	1	3
06	<i>P. teocote</i>	50	77	55	Cedro rojo ( <i>Cedrela odorata</i> )	1	1
07	<i>P. lumholtzii</i>	17	66	56	Guasina ( <i>Tilia aff. Occidentalis</i> )	***	***
08	<i>P. ayacahuite</i>	32	77	57	Bosque ( <i>Ostrya virginiana</i> )	1	1
09	<i>P. oocarpa</i>	9	40	58	Corpo ( <i>Magnolia schediana</i> )	1	1
10	<i>P. douglasiana</i>	11	47	59	Capulín ( <i>Prunus capulli</i> )	1	1
11	<i>P. michoacana</i>	6	29	60	Aguacatillo	1	1
12	<i>P. chihuahuana</i>	1	1	61	Pico de pájaro	1	1
13	<i>P. maximinol</i>	1	8	62	Madrono de agua ( <i>Clethra sp.</i> )	1	2
20	Tázcate ( <i>Juniperus spp.</i> )	6	23	63	Cortapico ( <i>Cornus disciflora</i> )	1	1
21	Cedro blanco ( <i>Cupressus spp.</i> )	1	1	64	Laurelillo	***	***
22	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1	8	85	Palo mulato	***	***
23	<i>Picea chihuahuana</i>	***	***	86	Tila	***	***
24	Oyamel ( <i>Abies durangensis</i> )	1	1	87	Huizache	1	4
30	Encino hoja chica	8	27	88	Tepozan	***	***
31	Encino hoja medana	159	138	89	Tabardillo	***	***
32	Encino hoja grande	15	54	90	Mano de león	***	***
	<b>PINUS</b>	<b>QUERCUS</b>		<b>OTRAS CONFIERAS</b>	<b>OTRAS HOJOSAS</b>	<b>ABUNDANCIA TOTAL (Na <math>ha^{-1}</math>)</b>	
Abundanc	sp 1-13	sp 30-32		sp 20-24	sp >32		
Genero	402	182		7	41	632	

\*\*\* Especies no presentes en la base de datos, pero que pueden encontrarse en el área de estudio  
 sp = Especies  
 X = Abundancia promedio (Na  $ha^{-1}$ )  
 S = Desviación estándar de la abundancia (Na  $ha^{-1}$ )

### 9.5.1.1 Abundancia

Las elevadas desviaciones estándares del cuadro 9.1 indican la alta heterogeneidad de la abundancia de las especies observadas entre los rodales analizados. Las principales fuentes de variación se deben a características cambiantes de altitud sobre el nivel del mar, exposición, pendiente, tipo de suelo, y al manejo realizado. De la abundancia promedio de todas las especies registradas, 632 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , el género *Pinus* domina el paisaje con 402 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , representado principalmente por *Pinus cooperi*, *Pinus durangensis*, *P. leiophylla* y *P. teocote* con 104, 88, 61 y 50 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. El género *Quercus* constituye el segundo grupo de vegetación con mayor abundancia (182 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ). Sin embargo al nivel de la especie clasificada, el *Quercus* de hoja mediana presenta mayor abundancia que las especies de pino con 159 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , seguida por el *Quercus* de hoja grande y el de hoja chico con 15 y 8 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. El grupo de otras hojosas es el tercer tipo de vegetación representativo de la región, contribuyen con un promedio de 41 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , dominando los géneros *Arbutus* (26 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ) y *Alix* (7 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ). El grupo de otras coníferas es el cuarto tipo de vegetación con 7 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , representado por el *Juniperus deppeana* con 6 árboles  $\text{ha}^{-1}$ .

En la Figura 9.1 se muestra la distribución de la abundancia total distribuida en los diferentes grupos de vegetación. De acuerdo a la clasificación de la FAO en 1999 en la que se considera la cobertura de las especies, el 52% de los bosques de la región del Salto son mixtos (75% de la cobertura corresponde a varios géneros), el 44% son bosques puros de coníferas (75% de la densidad pertenece al género *Pinus* y a otras Coníferas) y el 3% son bosques puros de latifoliadas (75% de la cobertura corresponde al género *Quercus* y a otras hojosas).

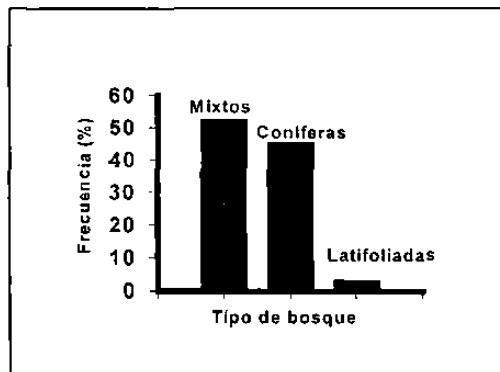
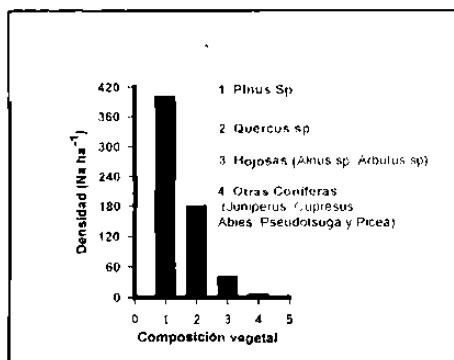


Figura 8.1 (izquierda) Distribución de la abundancia en los tipos de vegetación de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México. Figura 8.2 (derecha) Clasificación de los Bosques de la región del Salto Durango, México

La simulación de corte de árboles con el Método Mexicano de Ordenación de montes (MMOM) afectó en diferentes intensidades a los rodales con individuos mayores a 30 centímetros de diámetro normal. El 98.5 % de los rodales reunían los requisitos de corte del MMOM y solo 15 rodales fueron bosques muy jóvenes. De 574 árboles promedio por ha<sup>-1</sup> se eliminaron 102 (17.7%), quedando como masa remanente un promedio de 472 árboles ha<sup>-1</sup>, los rodales tipo tenían existencias promedio de 218.78 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, con la simulación del MMOM se redujo a 101.56 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Es decir la intensidad de corta fue de 117.22 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, la cual representa un 53.58% de la existencias promedio. Esto se debe a que los árboles que se eliminaron contribuían con volúmenes significativos. En las figuras 8.3 y 8.4 Se muestra que la abundancia total de casi todos los rodales fue modificada con el MMOM.

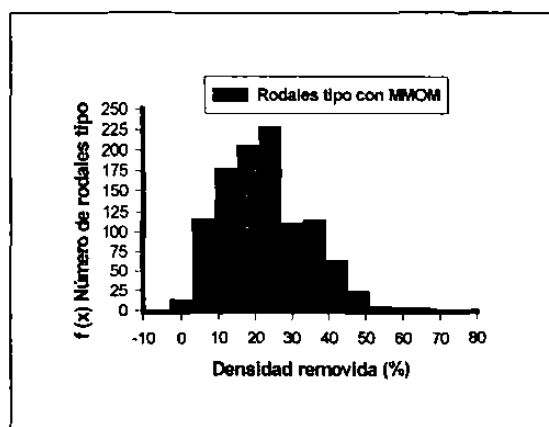
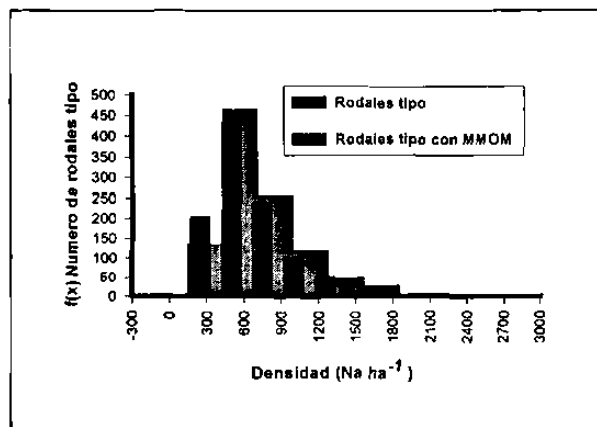


Figura 8.3 (izquierda) Densidad totales de los rodales tipo analizados y simulados con MMOM en bosques mixtos e irregulares de Durango, México. Figura 8.4 (derecha) Porcentaje de individuos removidos con la simulación de MMOM para rodales de Bosques de El Salto, Durango, México

### 8.5.1.2 Número de Especies

Krebs (1985) mencionó que la diversidad está en función del número de especies y la distribución de los individuos en diversas especies. De los 2728 rodales analizados, la mayor parte tienen una riqueza de 5-7 especies; 650 rodales tiene 6 especies, 538 presentan 7 especies y 509 muestran solo 5 especies. Existen pocos rodales puros, ya que tan solo 11 de ellos tienen una especie y 49 rodales registraron 2 especies. La máxima diversidad (12 especies) se presenta sólo en 5 rodales. En la figura 8.5 se muestran éstas frecuencias.

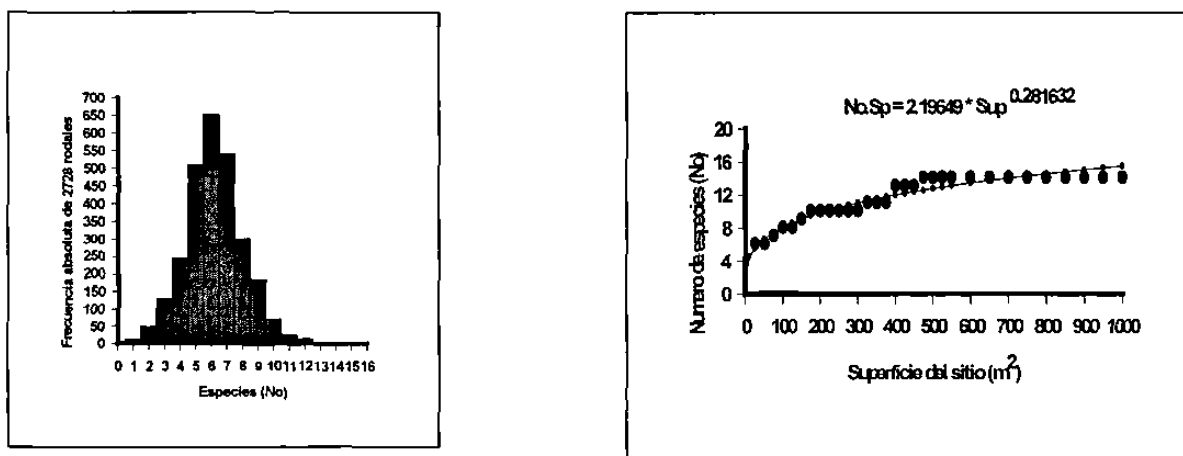


Figura 8.5 (Izquierda) Distribución de frecuencias de la diversidad de especies en 2728 rodales analizados en bosques mixtos e irregulares de la región de El Salto, Durango, México. Figura 8.6 Diversidad – Área en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

El número de especies no se modificó con la simulación del manejo con MMOM, de 33 especies de la fuente de datos original, sólo 1 se eliminó con la corta selectiva.

### 8.5.2 Diversidad – Área

La curva área-diversidad para uno de los rodales con mayor número de especies de los bosques mixtos de Durango se presenta en la figura 8.6. La curva alcanza un estado constante con 500 m<sup>2</sup> de superficie muestreada, indicando que los sitios de 0.1 ha de superficie son suficientes para monitorear la diversidad alfa de los bosques de coníferas de esta parte de la Sierra Madre Occidental. Estos bosques no son tan diversos como los bosques mesófilos o nublados, los cuales poseen un exponente de 0.5 (Corral, En Prep) o los matorrales espinosos Tamaulipecos del nordeste de México, los cuales reportan un exponente de 0.636 (Romero, 1999). Esta relación es clásica en los reportes ecológicos de diversidad – área (Pielou, 1984; Magurran, 1988), en donde la diversidad se incrementa en forma de potencia con la superficie muestreada y según la pendiente de la curva indica si se trata de sitios poco diversos o muy diversos.

### 8.5.3 Índices de diversidad

#### 8.5.3.1 Estadísticos de los índices de diversidad

Los valores de los siete índices de diversidad analizados para rodales tipo mostraron diferencias significativas, debido a que cada índice describe la diversidad de manera independiente, en general los índices de riqueza de especies mostraron los valores bajos y los índices de heterogeneidad los valores mas altos. En el cuadro 8.4 se enlistan los estadísticos importantes de los índices de diversidad analizados para rodales tipo.

*Cuadro 8.4 Estadísticos importantes de los índices de diversidad para rodales tipo en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango.*

Indice	X	S	I. C	C.V	k	C.A	$\chi^2$	Max	Min
N	623	369	22.09	59.22	0.93	1.04		3180.00	60.00
S	6	2	1.00	33.33	0.60	0.04		14.00	1.00
Margalef	0.73	0.23	0.01	31.50	0.72	-0.11	32	1.68	0.00
Menhinick	0.24	0.07	0.00	29.00	0.76	0.64	118	0.53	0.07
Shannon	1.30	0.34	0.02	26.34	2.07	-1.17	264	2.22	0.00
Brillouin	1.16	0.32	0.02	27.32	1.85	-1.07	217	2.04	0.00
Simpson	3.23	1.03	0.06	31.73	1.08	0.37	95	8.27	1.00
McIntosh	0.44	0.12	0.01	26.29	2.63	-1.50	402	0.67	0.00
Berger Parker	2.31	0.69	0.04	29.94	1.19	0.67	79	6.00	1.00

N=Número promedio de individuos por hectárea S=Número de especie promedio  
X= Promedio S=Desviación estándar I.C. =Intervalo de confianza C.V=Coeficiente de variación K=Kurtosis  
C.A.=Coeficiente de asimetría  $\chi^2$ = Prueba de bondad estimada para ver la normalidad Max=Valor máximo  
Min=Valor mínimo

El índice de Simpson y el índice de Margalef presentaron mayor variación entre los rodales, mientras que los índices de Shannon y McIntosh presentaron la menor variación. Es importante resaltar que la variación de los índices de Simpson y Margalef se aproxima a la variación mostrada por el número de especies entre los rodales, mientras que esta es aproximadamente el 50% de la variación mostrada por  $n$ .

Todos los índices se desviaron de la distribución normal, aunque el índice de Margalef se ajusta un poco mejor no alcanza a ser descrito por la distribución normal. Los coeficientes de kurtosis y simetría se desvían del cero, aunque en menor grado en los índices de Margalef, Menhinick y Simpson. Esta prueba define la necesidad de probar la bondad de ajuste de otras distribuciones probabilísticas como la distribución weibull.

#### **8.5.3.2 Relaciones Índice de diversidad – Número de especies e Índice de diversidad – Abundancia para rodales con y sin manejo**

Los índices de diversidad probados para cada rodal se relacionaron mejor con la riqueza de especies que con la abundancia. Las correlaciones muestran que el índice de Margalef presenta una tendencia completamente lineal para los rodales originales y también para los rodales bajo tratamiento simulado con MMOM con una  $R^2$  de 0.93. El índice de Brillouin y el índice de Shannon presentaron tendencias lineales, aunque con coeficientes de determinación menores de 0.72 y 0.70, respectivamente para los rodales originales y de 0.69 y 0.68 para rodales con manejo de MMOM. Las diferencias en las correlaciones de las dos fuentes de datos con y sin manejo presentaron variaciones poco significativas (anexos 1 y 2 de este capítulo).

Los índices de Menhinick, Simpson, McIntosh y Berger Parker mostraron correlaciones estadísticamente significativas pero muy débiles, por lo que hacen suponer que éstos valores sirven para describir mejor otras características de la diversidad – abundancia de estos rodales.



La relación Índice de diversidad – abundancia mostraron correlaciones muy bajas en rodales tipo (con las mayores abundancias). Estas relaciones mejoraron en rodales bajo manejo (con abundancias menores), atribuyéndose la mejora primordialmente cambios estructurales notorios en la abundancia de las especies.

### 8.5.3.3 Ajuste de índices de diversidad – abundancia a la distribución Normal

Las pruebas de bondad de ajuste de  $\chi^2$  para probar la normalidad con un nivel de significancia de ( $\alpha = 0.05$ ) de error y (n-1) grados de libertad de los índices de diversidad – abundancia para rodales naturales (rodales tipo) y rodales simulados con MMOM se muestran en la cuadro 8.4.

*Cuadro 8.5 Pruebas de bondad de ajuste de  $\chi^2$  para probar la normalidad de los índices de diversidad – abundancia de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México*

Índice	$\chi^2$			$\chi^2$		
	Calculado	G.L(n-1)	tabulado $\alpha 0.05(n-1)$	Calculado	GL(n-1)	tabulado $\alpha 0.05(n-1)$
	Rodales Tipo			Rodales Tipo con MMOM		
Margalef	32	11	19.68	151	11	19.68
Menhinick	118	10	18.31	73	11	19.68
Shannon	264	11	19.68	109	11	19.68
Brillouin	217	10	18.31	63	10	18.31
Simpson	95	11	19.68	134	11	19.68
McIntosh	402	11	19.68	230	11	19.68
Berger Parker	79	11	19.68	177	11	19.68

El cuadro anterior muestra que todos los índices tanto de rodales tipo originales como los simulados con MMOM no se ajustan a una distribución normal. La normalidad tanto para rodales con y sin corta se muestra en la figura 8.5, en donde puede observarse que existen variaciones entre los índices de diversidad observados y modelados por la distribución normal para rodales tipo y rodales con MMOM. Las diferencias entre los índices observados o las distribuciones normales ajustadas no son significativas entre los rodales tipo y bajo manejo.

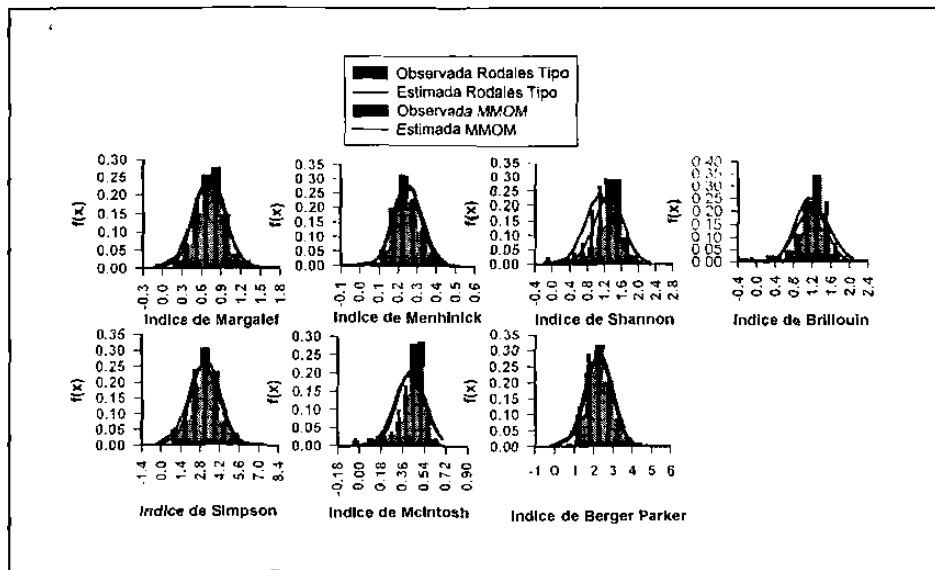


Figura 8.7 Ajuste de la distribución normal de índices de diversidad de rodales mixtos e irregulares de El Salto Durango

Los índices de Shannon y Brillouin mostraron cambios en la distribución al aplicar un manejo; es decir, se observa un desplazamiento a la izquierda (disminución del índice de diversidad) con el efecto del manejo y en el segundo un desplazamiento a la derecha Incremento del índice de diversidad. El índice de Simpson para rodales con MMOM observó disminución en la diversidad de los diferentes rodales analizados. El índice de uniformidad de McIntosh es el que presentó menos ajuste de normalidad por lo que no es recomendable para describir la estructura de diversidad – abundancia. El índice Berger Parker mostró que la dominancia y la diversidad disminuyen con la corta de árboles, ya que la distribución de la abundancia se hace mas uniforme al eliminar individuos de las especies dominantes, aunque el número de especies no cambie. Cambios notorios en la abundancia relativa de las especies modifican la estructura y traen por consiguiente cambios en los índices de diversidad como se ha mostrado en este análisis.

### 8.5.3.4 Comparación entre los promedios de los índices de rodales tipo y rodales con MMOM

En general los índices analizados, con excepción de los índices de riqueza de especies (Margalef y Menhinick), mostraron sensibilidad al efecto de la corta. Los promedios aritméticos e intervalos de confianza de los índices analizados con y sin el efecto del manejo se muestran en la figura 8.8.

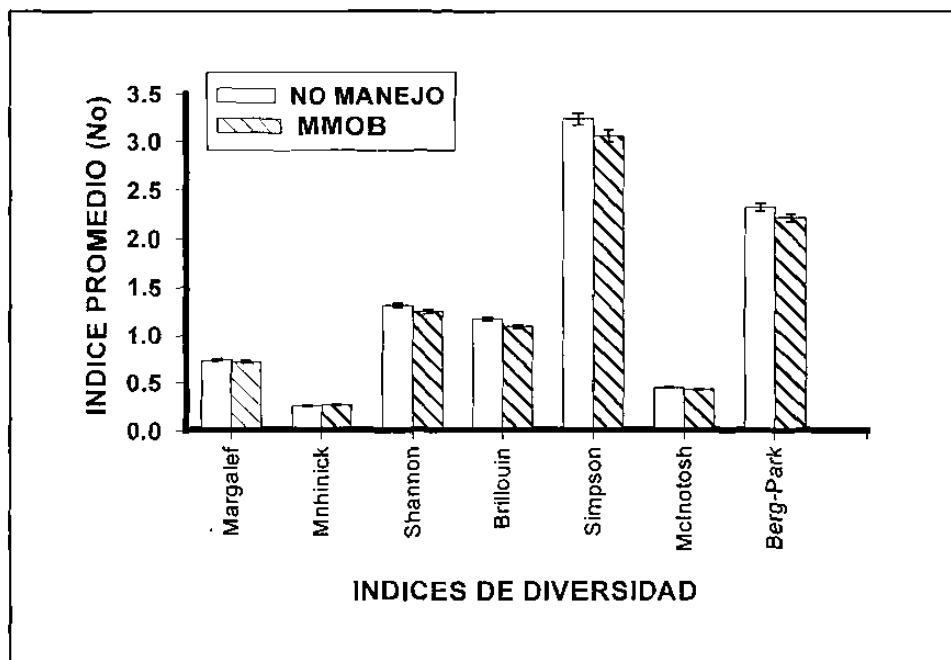


Figura 8.8 Índices promedio de rodales tipo y rodales con MMOM en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

De todos los índices analizados, con las dos excepciones, Simpson es el más sensible a la corta, por lo que se puede considerar apropiado para medir los cambios de la diversidad por efecto del manejo. Los índices de uniformidad de McIntosh y Berger Parker describieron que con la corta la uniformidad disminuye incrementando la diferencia en abundancia entre las especies. Los promedios de los índices de riqueza de especies mostraron ser estadísticamente iguales con y sin el efecto de la intervención silvícola porque su valor está más en función de la diversidad que de la abundancia relativa de las especies. La simulación de corta incrementa la heterogeneidad en la abundancia relativa de las especies. En este mismo contexto se

han manejado los bosques de la región, en donde el aprovechamiento está dirigido a unas cuantas, generalmente a las especies más abundantes (*P. cooperi* y *P. durangesnsis*) y de importancia económica. En conclusión, de los índices probados, el de Simpson y Shannon podrían ser utilizados para describir la diversidad – abundancia de los bosques y sus cambios temporales por los efectos naturales (sucesión) y de manejo (intervenciones silvícolas). Los resultados concuerdan con los de May (1975) quien reportó, que el índice de Simpson está fuertemente recargado a las especies abundantes.

#### 8.5.3.5 Influencia de las características dasométricas en los índices de diversidad .

Los diferentes modelos que se utilizaron para observar las interrelaciones de las variables dasométricas y los índices de diversidad exclusivamente para los rodales tipo mostraron poco ajuste, aunque estadísticamente significativas. Los resultados de estas relaciones se muestran en el Cuadro 8.6

*Cuadro 8.6 Influencia de las variables dasométricas en los Indices de diversidad en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango*

INDICE	R2	Variables dasométricas					
		Den	H	Vol	AB	Cov	Dq
Margalef	0.29		-	+	-		
Menhinick	0.33	+	-	+	+	-	+
Shannon	0.40		-	+	-	-	
Brillouin	0.47		-	+	-		
Simpson	0.36		-	+	-	-	-
McIntosh	0.36	-	-	+	-	-	
Berger-Parker	0.30		-	+	-	-	

Estas observaciones preliminares indican que los índices de diversidad están relacionados positivamente con el volumen y negativamente con la altura y el área basal. Es decir, a medida que el volumen incrementa lo hace la diversidad – abundancia y a medida que la altura y el área basal incrementan los índices de diversidad – abundancia se reducen. Bajos fustales no tan densos pero con volúmenes notorios presentan una mayor diversidad que altos fustales con poco volumen y muy densos. Las estructuras en altura, volumen y densidad observadas son el resultado

parcial del Método Mexicano de Ordenación de Montes y del Método de Desarrollo Silvícola. En el primer método se promueve la presencia de árboles de talla media, con alta densidad y volumen y por lo tanto la diversidad incrementa. En el segundo método se eliminan árboles dominados, o suprimidos, los cuales generalmente pertenecen a especies secundarias, con volúmenes bajos, altos y densos lo que produce una baja diversidad en los rodales muestreados. Adicionalmente, los últimos aclareos, junto con la corta de liberación, dejan árboles altos, con bajo volumen por unidad de superficie y generalmente de la especies comercialmente mas importante impactando la diversidad en una forma notoria.

#### **8.5.3.6 Estimación de índices con la abundancia promedio de los rodales sitios de inventario y rodales con y sin corta**

Con la abundancia promedio de cada especie se pudo observar de manera general los cambios de la diversidad entre bosques con diferente tipo de manejo en donde se pudo observar que en bosques manejados con el método de Desarrollo Silvícola (MDS) con arbolado de mayor talla presentan una diversidad mas alta que los rodales tipo formados por arbolado joven manejos con MMOM, debido a que la abundancia es menor y está mejor distribuida para todas las especies.

**Cuadro 8.7** Índices de diversidad para la abundancia promedio de todas las especies presentes en los bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México

	Sitios MDS	Rodales tipo	Rodales MMOM
Número de individuos (N)	242	637	529
Número de especies (S)	33	33	32
Índice	Valor	Valor	Valor
Margalef	5.8299	4.8015	4.9434
Menhnick	2.1213	1.2681	1.3913
Shannon	2.4542	2.4125	2.4535
Brillouin	2.2757	2.3313	2.3580
Simpson (reciproco 1/D)	7.5960	7.7291	7.8724
McIntosh (dominancia)	0.6648	0.6648	0.6704
Berger Parker (reciproco 1/d)	3.9672	4.0082	3.7917
alfa Serie logarítmica	10.3235	7.1022	7.4916
lambda Normal logarítmica	336.1226	95.7115	95.1118
Simpson (D)	0.1316	0.1294	0.1270
McIntosh (U)	88.9944	230.2421	189.7685
Berger Parker (d)	0.2521	0.2495	0.2637
Uniformidad McIntosh (E)	0.7655	0.7755	0.7790
Varianza Shannon	0.0059	0.0019	0.0023

Los índices explicaron mayor diversidad para los bosques de la región del Salto que para el ejido San Pablo, en donde Návar (1999) reporta valores inferiores para los diferentes índices; 1.11 para Margalef, 0.60 con el de Menhinick, 1.12 para Shannon, 1.07 para Brillouin, 1.2 para Simpson y 0.38 para McIntosh. Las observaciones del cuadro anterior permitieron hacer un análisis sobre la dinámica de los bosques del Salto concluyendo que los bosques jóvenes son muy densos, pero no son muy diversos debido probablemente a que estos rodales se encuentran en las primeras etapas de la sucesión, donde la abundancia se encuentra concentrada en las especies dominantes. Conforme se le da un manejo como el MMOM, la diversidad se reduce ya que las especies dominantes siguen albergando la mayor cantidad de individuos. Sin embargo cuando los bosques son maduros hay menos individuos por unidad de superficie, ya se encuentran presentes especies secundarias de la sucesión y la abundancia está mejor uniformizada en todas las especies presentes y la diversidad por lo tanto es mayor.

### 8.5.4 descripción y ajuste de modelos de diversidad – abundancia

#### 8.5.4.1 Ajuste de los modelos de diversidad – abundancia para todos los rodales

Los resultados del ajuste de los modelos de diversidad – abundancia a rodales maduros manejados con MDS, bosques jóvenes naturales (rodales tipo) y bosques jóvenes manejados con MMOM mostraron que la serie logarítmica, normal logarítmica, barra rota y serie geométrica se ajustan adecuadamente en promedio entre bosques bajo diferentes tipos de manejo a un 80, 70, 60 y 25% de los rodales (Figura 8.9). Estos hallazgos son indicativos de que los bosques, además de ser mixtos, se encuentran en etapas intermedias de la sucesión vegetal, tendiendo más hacia su madurez que hacia sus etapas iniciales de la colonización.

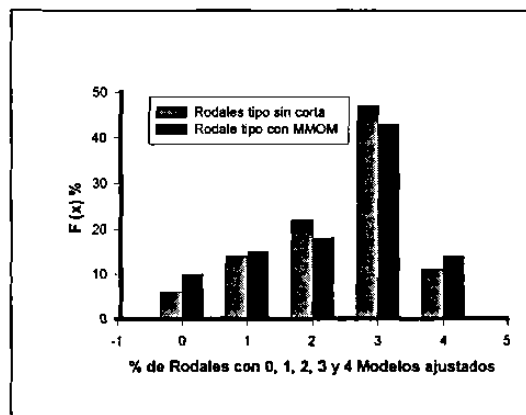
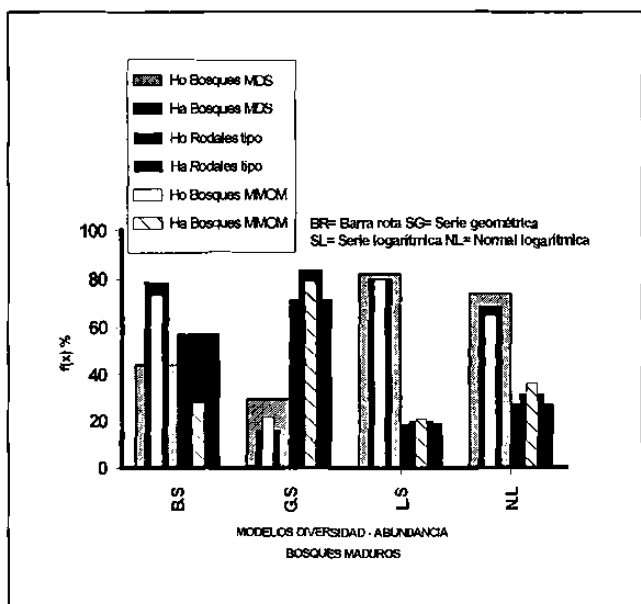


Figura 8.9 (izquierda) Porcentajes de rodales ajustados y no ajustados para cuatro modelos de diversidad abundancia en tres tipos de bosques de la región del Salto Durango Figura 8.10 (derecha) Porcentaje de rodales con 1, 2, 3 o los 4 modelos de diversidad - abundancia ajustados para bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México.

Para la barra rota, existe un mejor ajuste a esta distribución en rodales tipo (78%) y bosques manejados con MMOM (75%) que para bosques manejados con MDS

(44%). Esto se debe parcialmente al manejo de los bosques, dirigidos a la uniformidad estructural dimensional y posiblemente en diversidad también. Los bosques de las partes altas de la Sierra son también en esencia menos diversos y posiblemente sean estos bosques los manejados con MDS. Esta observación se refuerza parcialmente al observar la tendencia inversa de la serie geométrica para los bosques manejados con MDS y MMOM. Para la serie logarítmica y normal logarítmica, el número de hipótesis nulas no parece variar mucho entre los bosques manejados con MDS y MMOM.

La serie logarítmica y la normal logarítmica en rodales tipo y rodales con MMOM describen que cuando se hace una apertura de la masa, las especies con abundancia intermedia disminuyen. La figura 8.10 muestra que para un 45% de rodales tipo sin corta y un 40% para rodales tipo con corte se ajustan 3 modelos de diversidad – abundancia, lo que podemos concluir que los modelos de diversidad abundancia (Serie logarítmica, Normal logarítmica y Barra rota) describen parcialmente bien la diversidad de los bosques del Salto, Durango). Muy pocos rodales (6%) no se ajustaron a ningún modelo y tan solo el 8% se ajustan perfectamente los cuatro índices. Los gráficos anteriores nos indican que a medida que se hace un corte la probabilidad de ajuste para la mayoría de los rodales disminuye, aunque para otros casos aumente.

El buen ajuste de la serie logarítmica y la normal logarítmica indican que en los tres tipos de bosques existe un patrón sucesional intermedio entre las etapas pioneras y tardías de la sucesión. Es decir, la abundancia relativa de las especies presentes no es tan contrastante como sucedería en las etapas pioneras ni tan homogénea como se presenta en las etapas tardías de la sucesión. El escaso ajuste de la serie geométrica indica que los bosques del Salto, Durango no son de pocas especies dominantes, como se ha considerado en los planes de manejo enfocados directamente a los géneros pino y encino durante mucho tiempo. En estos bosques se encuentran compartiendo el sitio varias especies que pueden interaccionar ecológicamente con el resto de las especies dominantes.



El manejo con MMOM y MDS parece afectar la diversidad de los bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental, tendiendo a incrementar la diferencia entre las abundancias relativas de las especies. Este efecto parece ser magnificado con el MDS. Deléage (1991) explica que donde una especie escasa o rara en una comunidad es sustituida por otra que es abundante, por lo general la diversidad disminuye. Es posible que la corta de especies con abundancias relativamente bajas (*P. teocote*, *P. ayacahuite*, *P. herrerae*, *P. maximinoi*, *P. douglasiana*, *P. michoacana*, *P. lumholtzii*, *P. oocarpa*, *P. engelmannii*, etc) estén siendo, en algunos rodales, sustituidas preliminarmente por especies dominantes como *P. cooperi*, *P. durangensis* y otras especies del género *Quercus*.

#### 8.5.4.2 Modelos de diversidad – abundancia para abundancias promedio

Las pruebas de bondad de ajuste de Modelos de diversidad – abundancia para la abundancia promedio de rodales maduros con MDS, rodales tipo y rodales tipo simulados con MMOM se muestra en el cuadro 8.8 Para rodales maduros con MDS ningún modelo se ajustó, sin embargo la serie logarítmica y serie normal fueron presentaron abundancias estimadas mas cercanas a las observadas. La serie geométrica y la serie logarítmica mostraron un buen ajuste ente los observados y estimados tanto para los rodales tipo como para los que se les aplicó la corta (ver figuras 8.11 y 8.12).

Cuadro 8.8 Prueba de  $\chi^2$  para ver la bondad de ajuste de modelos de diversidad – abundancia de Bosques Mixtos e Irregulares de El Salto, Durango, México

Modelo	$\chi^2$		$\chi^2$		$\chi^2$		$\chi^2$		$\chi^2$
	Calculado	G.L	tablas	Calculado	GL	Tablas	Calculado	G.Ltablas	
	Rodales con MDS			Rodales Tipo			Rodales con MMOM		
Barra rota	63.31	5	11.07	98.66	7	14.07	231.08	7	14.07
Serie geométrica	148.11	32	43.77	147.86	32	43.77	135.95	31	43.77
Serie logarítmica	14	5	11.07	5.92	7	14.07	8.08	7	14.07
Normal									
logarítmica	23.26	3	7.82	4.36	5	11.07	9.11	5	11.07

En el cuadro anterior se observa que a medida que se cortan árboles la serie logarítmica, la serie normal y la barra rota se alejan de la posibilidad de ajustarse, sin embargo la serie geométrica tiende a tener un mejor ajuste. En las figuras 8.11, 8.12 y 8.13 se observa la bondad de ajuste de los modelos de diversidad abundancia para los tres diferentes tipos de bosque analizados.

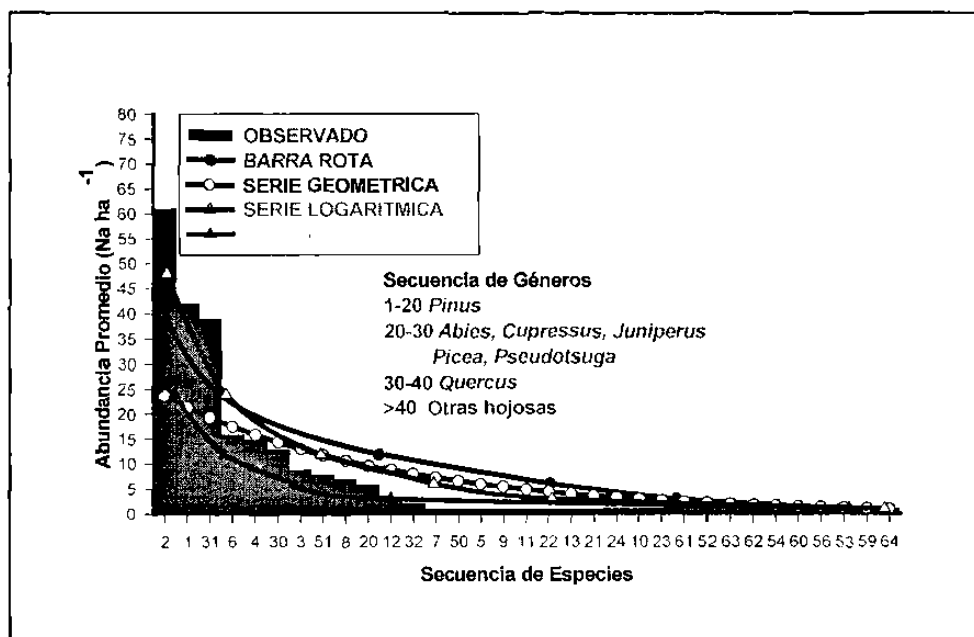


Figura 8.11 Modelos diversidad - abundancia para la abundancia promedio de las especies de los bosques de El salto, Durango, México bajo manejo con MDS

En la figura anterior se observa que en bosques maduros con MDS las especies de interés económico son las que ocupan las mas altas densidades. Se observa también que 12 especies son las que presentan abundancia significativa, las demás se pueden considerar como raras. En ésta gráfica se muestra lo que se ha dicho anteriormente que conforme se aplica manejo al bosque, la uniformidad disminuye y la dominancia aumenta. En la figura 8.12 y 8.13 se observa que la bondad de ajuste para la serie logarítmica y serie normal disminuye parcialmente.

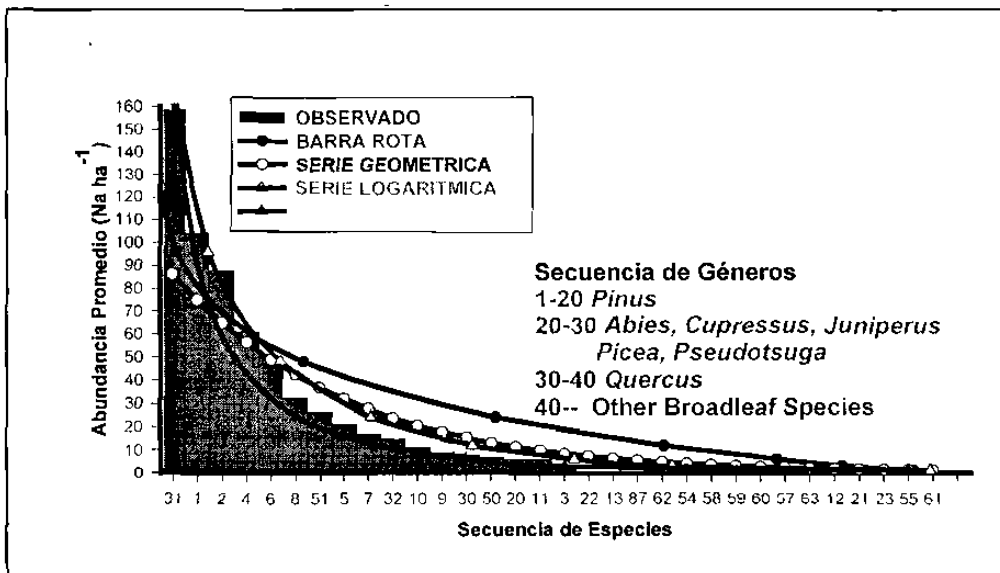


Figura 8.12 Modelos de diversidad - abundancia para la abundancia promedio de rodales tipo de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

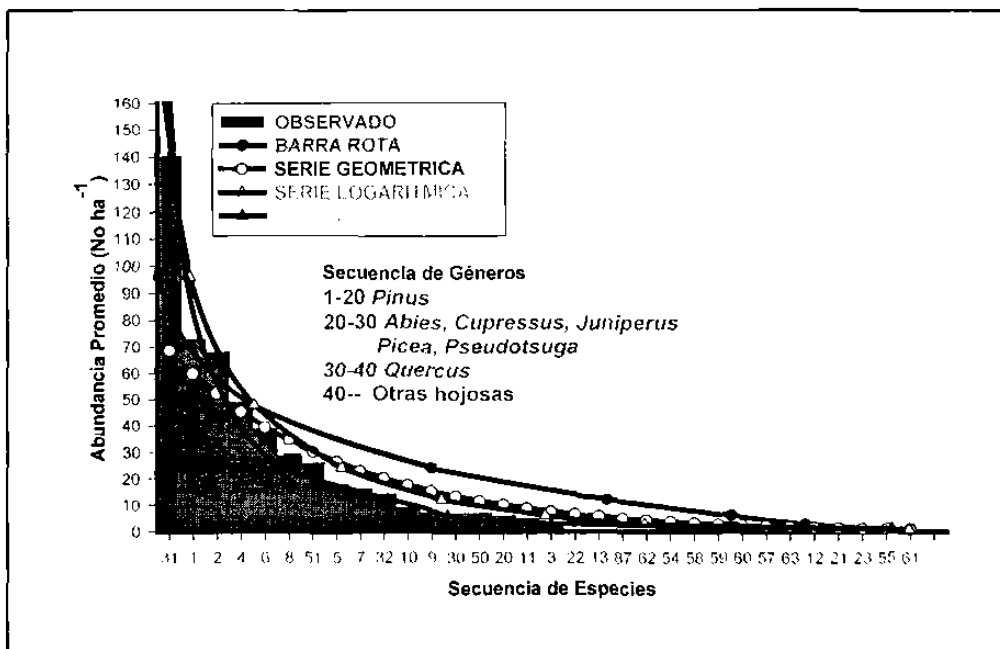


Figura 8.13 Modelos de diversidad - abundancia para la abundancia promedio de rodales tipo simulados con MMOM en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

En las figuras 8.12 y 8.13 se observa que la uniformidad entre especies aumenta y que con el corte de árboles, la abundancia de otras especies que se consideraban

raras disminuye, lo que hace suponer que la serie geométrica tiene una mejor bondad de ajuste. Estudios específicos sobre sucesión en bosques de pino, mencionan que el efecto de la corta selectiva, o cualquier apertura del dosel, acelera los procesos sucesionales al permitir el desarrollo de latifoliadas que prefieren condiciones mas precarias y por lo tanto la densidad de las especies económicas disminuye (Garza, 1989).

## **8.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los índices de diversidad sobre todo los que incluyen la uniformidad de la abundancia, constituyen una alternativa como indicadores para evaluar la diversidad de los bosques mixtos e irregulares de Durango México. El índice de Simpson y Shannon fueron los que presentaron mayor sensibilidad por los efectos del manejo.

Los modelos de abundancia de la serie logarítmica y normal logarítmica describen perfectamente la estructura de la diversidad de los bosques del Salto Durango, debido a que son bosques mixtos.

Los análisis de los rodales simulados con MMOMy rodales bajo manejo de MDS mostraron que la diversidad de los bosques naturales del Salto está siendo modificada paulatinamente por los programas de manejo forestal, ya que a medida que se realiza un aprovechamiento la uniformidad de la abundancia entre las diferentes especies disminuye y por lo tanto la *dominancia* de algunas especies aumenta.

Para conservar la diversidad de especies, es necesario que la corta de árboles se realice de manera homogénea para todas las especies. En la practica, los planes de manejo están dirigidos hacia grupos de especies, prestando mayor interés por las especies mas abundantes y de interés económico, sin saber que poco a poco algunas especies no tan comunes pasen a ser *raras* o amenazadas. El problema de diversidad se agrava cuando en los rodales se aplica un tratamiento de corta de regeneración y se

dejan como árboles padres sólo las 2 especies de interés (*P. Cooperi* y *P. durangensis*) tendiendo a homogenizar los bosques.

## 8.6 BIBLIOGRAFIA

- Alatalo, R., and Alatalo, R. 1977. Components of diversity: multivariate análisis with interaction. *Ecology*. 58: 900-906.
- Baca., V. J. 2000. Caracterización de la estructura vertical y horizontal de bosques de pino – encino. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Pp 56-60.
- Corral, R. J. 2001 en prep. Caracterización de la estructura de la reserva El Cielo, Tamaulipas. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL.
- Deleage J. 1991. Historia de la Ecología. Primera edición. Editorial ICARIA. España. P 195-202.
- Dickman, M. 1968. Some indices of diversity. *Ecology* 49:1191-1193.
- FAO. 1999. La situación de los bosques en el mundo. Pp9 –11.
- García, A. A., González, E. M de C.1998. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional Durango. CIIDIR Unidad Durango. 1ª ed. Edición Instituto de Ecología Veracruz, México. 179 p.
- Garza, G. G. 1989. El papel ecológico de las masas forestales, sus interrelaciones con el resto de los componentes de los ecosistemas y la importancia de su conservación y adecuado aprovechamiento. I Congreso Forestal mexicano. México. P 567-572
- Gauthier, S., Gagnon, J. ,and Bergeron Y. 1993. Population age structure of *Pinus bankisiana* at the southern edge of the Canadian boreal forest. *J. Veg. Sci.* 4:783-790.
- Gimaret, C., Péliissier, R., Pascal, J. and Houllier, F. 1998. Sampling strategies for assessment of tree species diversity. *Veg. Sci.* 9 161-172.

- Guerra, P. S., Návar. 2000. Evaluación de la vegetación riparia, insectos acuáticos y peces influenciados por las variaciones en la calidad y cantidad de los caudales de la cuenca del río San Juan, Nuevo León México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 150 p.
- Flores. O. y Geréz P. 1994. Biodiversidad y Conservación en México vertebrados, vegetación y uso del suelo. Segunda edición. edición técnico Cientificas . México. Pp 35-42 140-146.
- Franco, J. L., De la Cruz A. G., Cruz, G. A., et al. 1989. Manual de Ecología. Editorial Trillas. México. Pp 93-96.
- Franco, L. 1996. Manual de Ecología. Segunda edición. Editorial Trillas. México. Pp 101-114
- Heltshe, J. F., and Forrester, N. E. 1985. Statistical evaluation of the jackknife estimate of diversity when using quadrat samples. Ecology 66: 107-111.
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. Ecology 54:427-432.
- Jiménez, et al. 1999. Descripción estructural de un ecosistema de *Pinus Quercus* en la Sierra Madre Oriental. IV congreso mexicano de recursos forestales. Durango, Dgo. México.
- Qian, H., Klinka K., and Sivak, B. 1997. Diversity of the understory vascular vegetation in 40 year-old and old-growth forest stand on Vancouver Island, British Columbia, Canada. J. Veg. Sci: 8:773-780.
- Magurran, A. E. 1988. Diversidad Ecológica y su medición, traducción Antonia M. Cirer, Barcelona, España.
- Milne, B. T., d Forman, T. T. 1986. Peninsulas in Maine: woody plant diversity, distance, and environmental patterns. Ecology 67:967-974.
- MOPT, 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. España.
- Návar, Ch. J. 1999. Descripción de la diversidad abundancia de bosques mixtos e irregulares del ejido San Pablo en Durango, México. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 10 p.
- Peet, R. K, 1975. Relative diversity indices. Ecology 56: 496-498.

- Pérez, D. R. 2000. caracterización dasométrica de la vegetación arbórea en el parque ecológico Chipinque, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Pp 42-47.
- UCODEFO No. 6, 1998, Programas de manejo forestal para el aprovechamiento forestal maderable persistente para áreas de corta 1997 - 2007, Ejido Banderas del Aguila ampliación y dotación, Ejido Colectivo Forestal La Victoria, ejido Colectivo forestal la Cueva y Anexos y ejido La Ciudad, El Salto P. N. Dgo., México, 425 p.
- UCODEFO No. 6 , 1998, Memoria General de predios, El Salto P. N. Dgo., México, 267 p.
- UCODEFO No. 6, 1998, Información dasométrica de rodales tipo de la región del Salto Durango, México.
- Reiners, W. A. 1992. Twenty years of ecosystem reorganization following experimental deforestation and regrowth suppression. *Ecology Monographs* 62: 503-523.
- Risser, P. G. Ad Rice, E. L. 1971. Diversity in tree species in Oklahoma forest. *Ecology*. 52:876-880.
- Rodríguez, R. G. 1994. Análisis de la fitodiversidad (sinusias: arbórea y arbustiva) de dos comunidades de matorral espinoso tamaulipeco en Linares, N. L., México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 99p.
- Romero, F. G. 1999. Caracterización ecológica y definición de esquemas de muestreo en el matorral espinoso tamaulipeco del nordeste de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 73p.
- Rosales, S. P.H.; M.A. Olayo G., J.A. Morales F., R. Alvarez D., I. Martínez H. y S. Castro Z. 1982. El método de "Desarrollo silvícola": una alternativa en la silvicultura y ordenación de bosques. Tesis profesional. Dpto. Bosques, UACH. Chapingo, Méx. 406 p.
- Routledge, R. D. 1977. On whittaker's components of diversity. *Ecology* 58: 1120-1127.
- Routledge, R. D. 1977. Bias in estimating the diversity of large, uncensused communities. *Ecology* 61: 276-281.
- Sgardelis, S. P. And Stamou, G. P. 1990. The effects of dominance, species ranking and species matching on some similarity indices. *J. Veg. Sci.* 1:125-128.

- Shafi, M. I. And Yarranton, G. A. 1973. Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary (post fire) succession. *Ecology*. 54:897-902.
- Tatoni, T., d Roche, P. 1994. Comparison of old-field and forest revegetation dynamics in province. *J. Veg. Sci.* 5:295-302.
- Torres, E. M. 2000. Análisis estructural de un ecosistema multicohortal de *Pinus Quercus* en una fracción de la sierra Madre Oriental. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Pp 47-55.