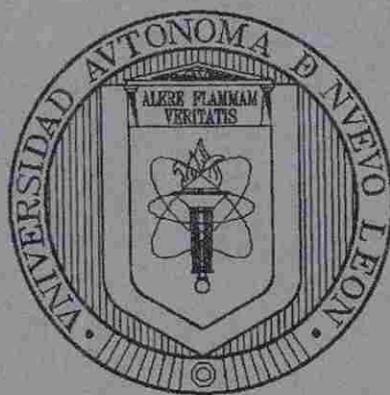


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCION DE POSTGRADO**



**TECNICAS DE EVALUACION DASOMETRICA Y ECOLOGICA DE LOS  
BOSQUES DE CONIFERAS BAJO MANEJO DE LA SIERRA MADRE  
OCCIDENTAL DEL CENTRO SUR DE DURANGO, MEXICO**

**TESIS DE MAESTRIA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

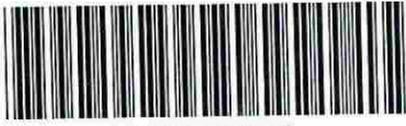
**PRESENTA**

**ING. JOSE DE JESUS GRACIANO LUNA**

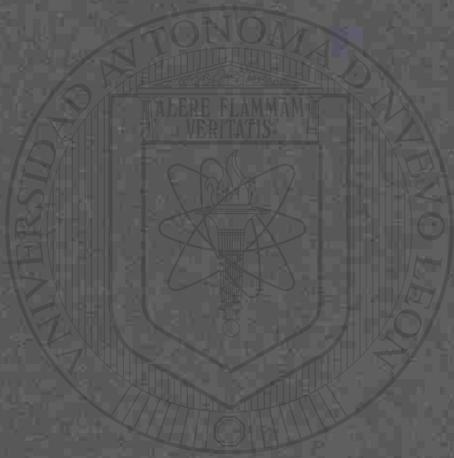
**LINARES, NUEVO LEON**

**MAYO DE 2001**

TM  
Z5991  
FCF  
2001  
G7



1020145409



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

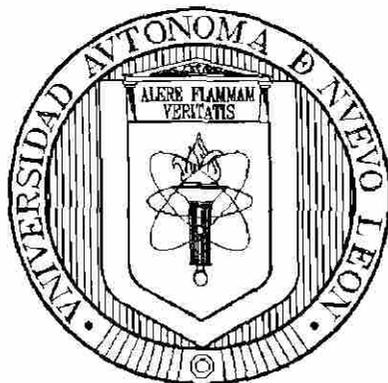


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCION DE POSTGRADO**



**TECNICAS DE EVALUACION DASOMETRICA Y ECOLOGICA DE LOS  
BOSQUES DE CONIFERAS BAJO MANEJO DE LA SIERRA MADRE  
OCCIDENTAL DEL CENTRO SUR DE DURANGO, MEXICO**

---

**TESIS DE MAESTRIA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

**PRESENTA**

**ING. JOSE DE JESUS GRACIANO LUNA**

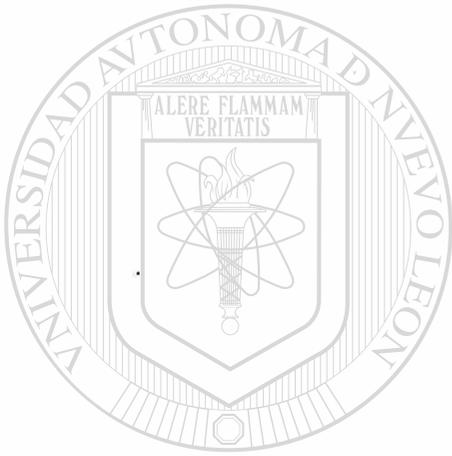
**LINARES, NUEVO LEON**

**MAYO DE 2001**

*m*

102:6001-

TM  
25-1  
FCF  
2001  
67



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO  
TESIS

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

TECNICAS DE EVALUACION DASOMETRICA Y ECOLOGICA DE LOS BOSQUES  
DE CONIFERAS BAJO MANEJO DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL DEL  
CENTRO SUR DE DURANGO, MEXICO

TESIS DE MAESTRIA

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

PRESENTA

ING. JOSE DE JESUS GRACIANO LUNA

COMITE DE TESIS

Ph. D. José de Jesús Návar Cháidez

Presidente



Dr. Pedro Antonio Domínguez Calleros

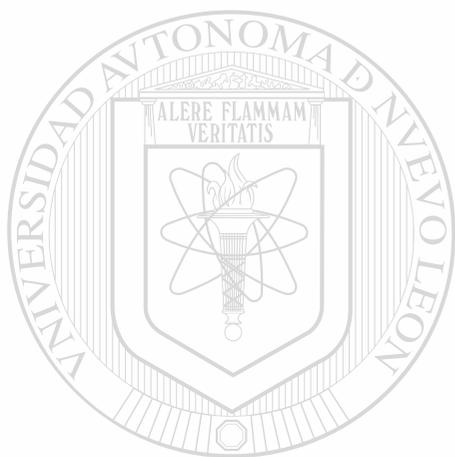
Secretario



Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón

Vocal

*Dedicada a mi esposa Laura Estrada y a mis hijos  
Jesús Oswaldo y Dariana Lizeth, quien son  
mi máximo orgullo, mi fuerza motriz, mi estímulo  
Por el tiempo que les debo*



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## DEDICATORIA

*A Dios por permitirme formar parte de este universo y por darme la oportunidad de alcanzar las metas deseadas.*

*A mis padres Carlos Graciano Villarreal y Benigna Luna Gallegos, por traerme a la vida, por sus incansables sacrificios y valerosos esfuerzos para hacer de mí lo que ahora soy, por sus nutridas enseñanzas y por su comprensión y confianza en todo momento.*

*A mi invaluable esposa Laura Estrada Quiñones " Desde lo mas profundo de mi corazón", por su confianza, su apoyo y comprensión, por su respeto y por el gran amor que me ha demostrado.*

*A mis hijos Jesús Oswaldo y Dariana Lizeth por darle luz a mi vida y fortaleza para seguir adelante.*

*Con gratitud y agradecimiento al Dr. Jesús Nívar, a su esposa Graciela Mendiola e hijos.*

*A mi abuela materna Dolores Gallegos (f) por sus sustanciales enseñanzas.*

*A mi abuela paterna Dolores Villarreal por sus rezos y bendiciones.*

*Dedicada también a un hombre ejemplar que dedico la mayor parte de su vida y con múltiples sacrificios a la educación de su numerosa familia, por sus sabios consejos, con todo respeto a mi suegro Luis Estrada Burciaga (f).*

*A mis hermanos Nito, Rayo, Concha y Blanca, por ser su compañero en la enseñanza de la vida.*

*A mis sobrinos Jimena, Foñín, Rossy, Bianey, Karla y Nurid por formar parte de mi vida.*

*A mi comadre Carmen Estrada, por su valioso apoyo, por su hospitalidad y por estar siempre en disponibilidad de ayudarnos.*

*A mis cuñados y cuñadas.*

*A la vida..... Pabia, hermosa e imfasible*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca crédito para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias Forestales, sin este apoyo no hubiera sido posible alcanzar este logro en la vida.

Al proyecto del CONACYT 28536-B titulado "Tecnologías matemáticas par el manejo sustentable de recursos forestales" por el apoyo económico para la realización de este trabajo de investigación.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Ciencias Forestales por permitirme la oportunidad de formar parte del programa de Maestría en Ciencias.

Al Dr. José de Jesús Nívar Cháidez, por su profesionalismo, por darme la oportunidad de ser su tesista, por enseñarme que llegar a la cima cuesta trabajo, pero nunca hay que desmayar, por su valiosa amistad, por darme la mano en todo momento, por el agradable ambiente de trabajo que se inspira en su laboratorio, por su confianza depositada en mi y por conducirme en mis primeros pasos de la ciencia.

Al Dr. Antonio Domínguez Calleros, Agradezco sus valiosos comentarios y sugerencias en la elaboración de este trabajo, gracias por su amistad y apoyo, por su hospitalidad brindada y por sus sugerencias en el escrito final.

Al Dr Oscar Alberto Aguirre Calderón, por aceptar formar parte de este comité de tesis, por su siempre disponibilidad y amistad desde un inicio, por sus valiosos comentarios para enriquecer el escrito final de este trabajo

Con sincero agradecimiento a la Maestra Graciela Dueñez Mendiola y familia por la amistad y apoyo brindado a mí y a mi familia, por su colaboración para hacer mas placentera nuestra estancia,

Agradezco a la Sra. Maty por su amistad y hospitalidad

A la maestra Susana Almonte, por su amistad y apoyo

A los maestros de la Facultad de Ciencias Forestales, que formaron mi perfil profesional con sus conocimientos. Al personal técnico, administrativo y manual de esta institución.

Quiero expresar un reconocido agradecimiento al Ing. Guadalupe Barrios Téllez director de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 6 del Salto Durango, por las facilidades e información prestadas para la elaboración de este trabajo de tesis.

Al Ing. Miguel Romero, por facilitarme la fuente de información del área de estudio

A Raúl Medrano y Juanito Herrera, por estar siempre en la mejor disponibilidad de ayudarme en lo que necesite de la UCODEFO 6.

A los ings Carlos Estrada, Jesús Castañón, y el Tec. Jonathan Delgado, jefes de sección de la UCODEFO 6 por su disponibilidad en la ubicación del área de estudio.

A mis amigos y compañeros de generación Nicolás González y David Maldonado, por los buenos y malos momentos en perseguir la misma meta, por su valiosa amistad y por los trabajos en equipo.

A mis compañeros de laboratorio Santos Laureano, Mario Manzano, Jorge Méndez, Sacramento Corral, Abel Néjera, Guillermo Romero, San Juana Guerra, y Eduardo Méndez, por su amistad y los momentos compartidos.

A mis compañeros de maestría y licenciatura de la facultad de Ciencias Forestales

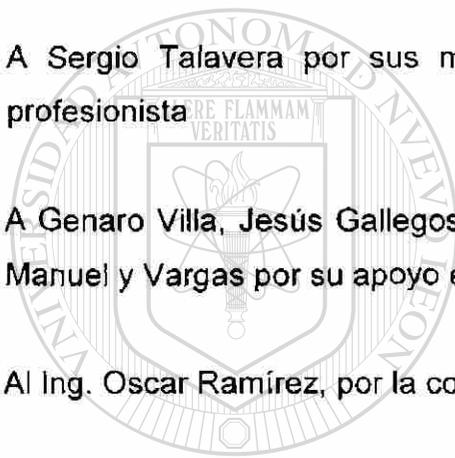
A mis compañeros de generación Manuel Baca, Daniel Núñez, Eréndida Zamudio, Erendida Rodríguez, Georgina Picos y Arturo Morales por los buenos momentos.

A los paisanos Javier Corral, Marco Antonio Quiñones, Edgar Torres, Felix Sarmiento, Eduardo de Los Ríos, Manuel Soto y Manuel Unzueta por su cálida amistad durante mi estancia en el programa de Maestría.

A Sergio Talavera por sus múltiples consejos a lo largo de mi trayectoria como profesionalista

A Genaro Villa, Jesús Gallegos, Chinito Tovalín, El Pep, Blas Avitia, Jorge Bojorquez, Manuel y Vargas por su apoyo en el trabajo de campo de este estudio.

Al Ing. Oscar Ramírez, por la colaboración en la encuadernación de este escrito.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## CONTENIDO

Contenido .....	i
Índice de cuadros .....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
1. Introducción .....	1
2. Objetivos	
2.1 Objetivo general .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
2.3 Hipótesis .....	4
3. Antecedentes históricos	
3.1 Esquema de muestreo en inventarios forestales .....	5
3.1.1 Sitio de dimensiones fijas .....	5
3.1.2 Sitio de dimensiones variables .....	8
3.2 Trabajos realizados en México sobre ecología y distribución de especies .....	10
3.3 Diversidad de especies .....	11
3.3.1 Medidas de diversidad de especie .....	12
3.3.2 Investigaciones sobre diversidad de especies .....	13
4. Revisión de literatura	
Capítulo VI	
4.1 Consideraciones generales .....	16
4.2 Inventario de rodales tipo en la región del Salto Durango .....	18
4.2.1 Objetivos de inventario de rodales tipo .....	18
4.3 Descripción de sistemas de muestreo en investigaciones forestales .....	19
4.3.1 Sitio circulares .....	19
4.3.2 Método de los 6 árboles .....	20
4.3.3 Sistema de muestreo por cuadrantes .....	21
CAPÍTULO VII	
4.4 Características y distribución de tipos de vegetación .....	22
4.4.1 Pináceas .....	22
4.4.2 Bosques de pino (P) .....	22
4.4.3 bosques de pino encino (Pq) .....	24
4.4.4 Bosques de encino pino (Qp) .....	24
4.4.5 Bosques de encino (Q) .....	24
4.4.6 Otras coníferas .....	24
4.4.7 Otras latifoliadas .....	25
4.5 Sucesión .....	25
4.6 Densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia .....	25
4.6.1 Densidad .....	25
4.6.2 Frecuencia .....	26

4.6.3 Dominancia .....	26
4.6.4 Valor de importancia .....	26
4.7 Diversidad .....	27
4.7.1 Abundancia y densidad .....	28
4.7.2. Medidas de diversidad .....	28
4.7.2.1 Índices de riqueza de especies .....	29
4.7.2.2 Índices basados en la abundancia relativa de especies .....	29
4.7.2.2.1 Modelos de abundancia de especies .....	30
4.7.2.2.1.1 Serie geométrica .....	30
4.7.2.2.1.2 Serie logarítmica .....	31
4.7.2.2.1.3 Distribución lognormal .....	32
4.7.2.2.1.4 Distribución barra rota .....	33
4.7.2.3 Índices basados en la abundancia proporcional de especies .....	33
4.7.2.3.1 Índices de información estadística .....	33
4.7.2.3.2 Índices basados en la dominancia de especies .....	34
5. Descripción del área de estudio .....	36
5.1 Caracterización física .....	36
5.1.1 Localización .....	36
5.1.2 Tenencia de la tierra .....	36
5.1.3 Fisiografía .....	38
5.1.4 Relieve .....	38
5.1.5 Topografía .....	38
5.1.6 Suelos .....	38
5.1.7 Pendiente .....	39
5.1.8 Geología .....	39
5.1.9 Clase textural .....	40
5.1.10 Ocochal (Hojarasca) .....	40
5.1.11 Materia orgánica .....	40
5.1.12 Compactación .....	40
5.2 Caracterización climática .....	41
5.2.1 Clima .....	41
5.2.2 Precipitación y temperatura .....	42
5.2.3 Vientos .....	42
5.2.4 ubicación en el sistema hidrológico .....	42
5.3 Caracterización biológica .....	43
5.3.1 Vegetación .....	43
5.3.1.1 Especies de importancia económica .....	45
5.3.1.1.1 Maderables .....	46
5.3.1.1.2 No maderables .....	46
5.3.2 Fauna .....	47
5.3.2.1 Especies de área de estudio .....	48
5.4 Bibliografía .....	49

6. Esquemas generales de muestreo para estimar volumen en inventarios forestales en la región del Salto, Pueblo Nuevo, Durango.	
6.1 Resumen .....	50
6.2 Abstract .....	51
6.3 Introducción .....	52
6.4 materiales y métodos	53
6.4.1 Descripción del área de estudio .....	53
6.4.2 Métodos. ....	55
6.4.2.1 Información dasométrica del área de estudio .....	55
6.4.2.2 Análisis de información .....	56
6.4.2.3 Esquema de muestreo para sitios circulares .....	58
6.4.2.4 Esquema de muestreo para cuadrantes .....	59
6.4.2.5 Método del árbol vecino .....	61
6.4.2.6 Análisis específicos .....	62
6.4.2.6.1 Análisis de grupos clasificados .....	62
6.4.2.6.2 Análisis para sitios individuales .....	62
6.5 Resultados y discusión .....	66
6.5.1 Todas las especies presentes .....	66
6.5.2 Coníferas. ....	68
6.5.3 Latifoliadas. ....	69
6.5.4 Sitios clasificados .....	71
6.5.5 Sitios individuales. ....	74
6.5.5.1 Sitios circulares .....	74
6.5.5.2 Sitios cuadrados .....	75
6.5.5.3 Dimensiones variables .....	77
6.6 Conclusiones y recomendaciones .....	78
6.7 Bibliografía .....	79
<hr/>	
7. Ecología de los bosques de Pino-Encino de la Sierra Madre Occidental Del Salto Durango México	
7.1 Resumen .....	83
7.2 Abstract .....	84
7.3 Introducción .....	84
7.4 materiales y métodos .....	86
7.4.1 Descripción del área de estudio. ....	86
7.4.2 Metodología .....	87
7.5 resultados y discusión .....	92
7.5.1 Vegetación en general .....	92
7.5.1.1 Distribución de los géneros .....	94
7.5.2 Distribución del género <i>Pinus</i> .....	96
7.5.2.1 Distribución de las especies de pino .....	97
7.5.3 Distribución del género <i>Quercus</i> .....	102
7.5.3.1 Distribución de los principales grupos del género <i>Quercus</i> .....	103
7.5.4 Distribución de otras hojosas .....	106
7.5.4.1 Distribución de densidad de las especies mas comunes de hojosas .....	107
7.5.5 Distribución de otras coníferas .....	109

7.5.5.1 distribución de densidades de las especies mas comunes de otras coníferas .....	111
7.5.6 Densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia .....	113
7.5.7 Ordenación de sitios, especies y variables ambientales .....	115
7.5.8 Clasificación de sitios de especies, explicadas por variables ambientales .....	116
7.6 Conclusiones y recomendaciones .....	120
7.7 Bibliografía .....	122
8. Simulación del método mexicano de ordenación de montes sobre la diversidad-abundancia de los bosques mixtos e irregulares del Sudeste de Durango México	
8.1 resumen .....	125
8.2 Abstract. ....	126
8.3 Introducción .....	126
8.4 Materiales y métodos .....	128
8.4.1 Descripción del área de estudio .....	128
8.4.2 Metodología .....	129
8.5 Resultados y discusión .....	135
8.5.1 Abundancia y número de especies .....	135
8.5.1.1 Abundancia .....	136
8.5.1.2 Número de especies .....	138
8.5.2 Diversidad – área .....	138
8.5.3 Índices de diversidad .....	139
8.5.3.1 Estadísticos de los índices de diversidad .....	139
8.5.3.2 Relación índice-número de especies e índice- abundancia .....	140
8.5.3.3 Ajuste de índices de diversidad-abundancia a la distribución normal .....	141
8.5.3.4 Comparación entre los promedios entre los índices de rodales tipo y rodales con MMOM .....	143
8.5.3.5 Influencia de las características dasométricas en los índices de diversidad .....	144
8.5.3.6 Estimación de índices con la abundancia promedio de los sitios de muestreo .....	145
8.5.4.1 Ajuste de los modelos de diversidad-abundancia para todos los rodales. ....	147
8.5.4.2 Modelos de diversidad abundancia para la abundancia promedio .....	149
8.6 Conclusiones y recomendaciones .....	152
8.7 Bibliografía .....	153

## INDICE DE CUADROS

### CAPITULO IV

Cuadro 4.1 Esquema general de la metodología empleada en la elaboración y ejecución de inventario de rodales tipo (RT) para el programa de manejo forestal de la región del Salto, Durango : .....	19
--	----

### CAPITULO V

Cuadro 5.1 Descripción de las unidades de suelo encontradas en el área de estudio ....	39
Cuadro 5.2 Descripción de los tipos climáticos presentes en la zona de estudio .....	41
Cuadro 5.3 Superficies de tipos de vegetación presentes en el área de estudio .....	47

### CAPITULO VI

Cuadro 6.1 Características dasométricas de rodales mixtos e irregulares de Durango, México .....	55
Cuadro 6.2 Ecuaciones para estimar volumen rollo de Shumacher y Hall (Contreras y Nívar, 1999) para diferentes especies de pinos y hojosas de la Sierra Madre Occidental .....	57
Cuadro 6.3 Dimensiones de unidades de muestreo analizadas en sitios circulares y factores para convertir el volumen individual a volumen ha <sup>-1</sup> .....	59
Cuadro 6.4 Dimensiones, radios y superficies de sitios por cuadrantes y factores para convertir el volumen individual a volumen ha <sup>-1</sup> .....	61
Cuadro 6.5 Superficies mínima y óptima de sitios circulares, cuadrados y árbol vecino para inventarios forestales de bosques mixtos e irregulares de Durango México ...	63
Cuadro 6.6 Estadísticas de regresión para diferentes porcentajes de error y tamaño de sitios circulares para inventarios forestales de Durango, México .....	75
Cuadro 6.7 Estadísticas de regresión para definir porcentajes de error y tamaño de sitios cuadrados para inventarios forestales de Durango, México .....	77
Cuadro 6.8 Estadísticas para ecuaciones para definir el número de hipótesis nulas en función del árbol vecino para diferentes porcentajes de error en bosques mixtos de Durango, México .....	78

### CAPITULO VII

Cuadro 7.1 Variables silvícola-dasométricas promedio por grupo de especie y por categoría diamétrica de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	88
Cuadro 7.2 Variables promedio de productividad y crecimiento de rodales de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	88
Cuadro 7.3 Densidades por hectárea de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México para diferentes exposiciones y gradientes altitudinales .....	93
Cuadro 7.4 Densidades por hectárea del género <i>Pinus</i> en Bosques mixtos e irregulares de Durango, México, para diferentes exposiciones y gradientes altitudinales ....	96
Cuadro 7.5 Densidad del género <i>Quercus</i> en diferentes altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	104

Cuadro 7.6 Densidades promedio por rango altitudinal y exposición del grupo de especies de otras hojosas .....	107
Cuadro 7.7 Densidades promedio para el grupo de otras <i>Coníferas</i> en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	111
Cuadro 7.8 Observaciones ecológicas bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México. ....	114
Cuadro 7.9 Estadísticos promedio de la densidad por especie de pináceas y por grupo emergentes del análisis de conglomerado. ....	116
Cuadro 7.10 Estadísticos promedio de la densidad por especie de otras coníferas y por grupo emergentes del análisis de conglomerado. ....	117
Cuadro 7.11 Estadísticos promedio de los parámetros físicos del sitio por grupo emergentes del análisis de conglomerado. ....	117

## CAPITULO VIII

Cuadro 8.1 Variables dasométricas promedio de rodales tipo de bosques mixtos e irregulares del Salto Durango, México .....	129
Cuadro 8.2 Variables dasométricas por género y por categoría diamétrica de bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	130
Cuadro 8.3 Abundancia de especies en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	135
Cuadro 8.4 Índices promedio y estadísticos mas importantes de los índices de diversidad, para rodales tipo en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	139
Cuadro 8.5 Pruebas de bondad de $X^2$ para probar la normalidad de los índices de diversidad-abundancia de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	141
Cuadro 8.6 Influencia de las variables dasométricas en los índices de diversidad en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México .....	144
Cuadro 8.7 Índices de Diversidad para la abundancia promedio de todas las especies presentes en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	146
Cuadro 8.8 Prueba de $X^2$ para ver la bondad de ajuste de modelos de diversidad-abundancia de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México ....	149

## ANEXOS CAPITULO VI

Anexo1 Características promedio por hectárea de volumen, área basal y número de árboles para grupos aglomerados de rodales mixtos e irregulares de Durango, México
--

## ANEXOS CAPITULO VII

Anexo 2 Densidades en exposiciones y altitudes de las especies del género <i>Pinus</i> mas abundantes en los bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo 4 Densidades en exposiciones y altitudes de las especies mas abundantes del género <i>Quercus</i> en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo 6 Densidades en exposiciones y altitudes de especies de hojosas abundantes en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo 8 Densidades del género <i>Juníperus</i> en diferentes exposiciones y altitudes de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México

## ANEXOS CAPITULO VIII

Anexo 5 Area basal promedio por especie de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México

Anexo 6 Cobertura promedio por especie de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México

## INDICE DE FIGURAS

## CAPITULO IV

Figura 4.1 Forma de sitios circulares en inventarios forestales de bosques mixtos e irregulares de Durango, México 20

Figura 4.2 Esquema de muestreo por el método del 6<sup>to</sup> árbol cercano .....21

Figura 4.3 Esquema de muestreo por el método de cuadrantes .....22

## CAPITULO V

Figura 5.1 Ubicación del área de estudio en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....37

Figura 5.2 Temperatura y precipitación para la región del Salto Durango, México. ....42

## CAPITULO VI

Figura 6.1 Distribución de características dasométricas de rodales de bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....56

Figura 6.2 Coordenadas X, Y para cada árbol analizado en base a los datos de azimut y distancias de árbol a árbol de bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....60

Figura 6.3 Esquema para obtener las distancias de un árbol "n" a cualquier árbol en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....63

Figura 6.4 Resultados de tres sistemas de muestreo aplicados a rodales de bosques mixtos de Durango, México .....67

Figura 6.5 Resultados de tres sistemas de muestreo aplicados a rodales de bosques de coníferas de Durango, México .....68

Figura 6.6 Resultados de tres sistemas de muestreo aplicados a rodales de bosques de latifoliadas de Durango, México .....70

Figura 6.7 Tendencias del número de hipótesis nulas con diferentes dimensiones de sitios y errores en la precisión para definir el tamaño de sitios circulares para inventarios forestales de bosques mixtos de Durango, México .....75

Figura 6.8 Tendencias del número de hipótesis nulas con diferentes dimensiones de sitios y errores en la precisión para definir el tamaño de sitios cuadrados para inventarios forestales de bosques mixtos de Durango, México .....76

Figura 6.9 Relaciones entre las hipótesis nulas, el número de árboles vecinos a muestrear y los errores de precisión para bosques mixtos e irregulares de Durango, México. ....77

## CAPITULO VII

Figura 7.1 Distribución altitudinal de los grupos de vegetación superior de los bosques de pino-encino de la región del Salto, Durango, México .....	94
Figura 7.2 Distribución de las densidades del género <i>Pinus</i> en exposiciones y altitudes del macizo montañoso de la Sierra madre Occidental de Durango, México .....	98
Figura 7.3 Densidad de especies del género <i>Pinus</i> en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	98
Figuras 7.4 y 7.5 Distribución de densidad de las especies del género <i>Pinus</i> de bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	99
figura 7.6 Distribución de las densidades en altitudes y exposiciones de las especies del género <i>Pinus</i> mas abundantes de bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	100
Figura 7.7 Densidades del género <i>Quercus</i> en bosques de coníferas de Durango, México para diferentes exposiciones y gradientes altitudinales .....	102
Figura 7.8 Densidad de las especies de encino mas abundantes en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	103
Figura 7.9 Densidad de los grupos de encinos dominantes en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	105
Figura 7.10 Densidad del grupo de otras hojosas en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	106
Figuras 7.11 y 7.12 Densidad de las especies mas comunes de hojosas en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	108
Figura 7.13 Densidades de especies de otras hojosas en diferentes exposiciones y altitudes de bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	109
Figura 7.14 Distribución de la densidad de otras coníferas en diferentes altitudes y exposiciones del macizo montañoso de Durango, México .....	110
Figura 7.15 Densidad de otras coníferas en bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	110
Figuras 7.16 Distribución de las especies de otras coníferas en las diferentes altitudes del macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental del centro sur de Durango, México .....	112
Figura 7.17 Densidad del género <i>Juniperus</i> en diferentes exposiciones altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares de Durango, México .....	112
Figura 7.18 Clasificación de sitios y especies, explicadas por variables ambientales de bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental del centro – sur del estado de Durango, México .....	120

## CAPITULO VIII

Figura 8.1 Distribución de la abundancia de los tipos de vegetación de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	137
Figura 8.2 Clasificación bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México, según criterios de la FAO .....	137
Figura 8.3 Densidades totales de los rodales tipo y rodales simulados con MMOM para bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	137
Figura 8.4 Porcentaje de individuos removidos con la simulación de MMOM para bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	137
Figura 8.5 Distribución de frecuencias de la diversidad de 2728 rodales bajo manejo de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	138

Figura 8.6 Diversidad Area en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	138
Figura 8.7 Ajuste de la distribución normal de índices de diversidad de rodales mixtos de Durango, México .....	142
Figura 8.8 Índices promedio de rodales tipo y rodales con MMOM en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	143
Figura 8.9 Porcentajes de rodales ajustados y no ajustados para cuatro modelos de diversidad-abundancia en tres tipos de bosques de la región del Salto, Durango, México .....	147
Figura 8.10 Porcentaje de rodales con 1, 2, 3 y 4 modelos de diversidad-abundancia ajustados para bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México ....	147
Figura 8.11 Modelos de diversidad-Abundancia para la abundancia promedio de los bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	150
Figura 8.12 Modelos de diversidad-abundancia para la abundancia promedio de rodales tipo de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	151
Figura 8.13 Modelos de diversidad - abundancia para la abundancia promedio de rodales simulados con MMOM de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México .....	151

#### ANEXOS CAPITULO VII

Anexo 1 Densidades de las especies del género <i>Pinus</i> en altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México.
Anexo 3 Densidades de grupos de grupos de especies de <i>Quercus</i> en altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México.
Anexo 5 Densidades de las especies mas abundantes de otras hojosas en altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo 7 Densidad de las especies mas abundantes de otras coníferas en altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo 9 Densidad relativa de las especies de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo 10 Dominancia relativa en área basal por especies en de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo 11 Frecuencia relativa de especies en de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo 12. Valor de importancia de las especies de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México

#### ANEXOS CAPITULO VIII

Anexo 1 Relación índice de diversidad-número de especies para rodales tipo de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México.
Anexo 2 Relación índice de diversidad-número de especies para rodales tipo simulados con MMOM en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México
Anexo3 Relación índice de diversidad-abundancia de rodales tipo de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México.
Anexo4 Relación índice de diversidad-abundancia de rodales tipo simulados con MMOM en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México

## TECNICAS DE EVALUACION DASOMETRICA Y ECOLOGICA DE LOS BOSQUES DE CONFIERAS BAJO MANEJO DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL DEL CENTRO SUR DE DURANGO, MEXICO

### RESUMEN

Los estudios dasométricos constituyen la herramienta de la cuantificación ordenada de las características de crecimiento y desarrollo de un bosque. La diversidad es un factor esencial para mantener funcionando los ecosistemas forestales. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) comparar tres esquemas de muestreo con diferentes dimensiones para definir metodologías de muestreo para inventarios forestales de, 2) describir la ecología de las especies y 3) describir la estructura de la diversidad - abundancia del estrato medio y superior y como se modifica por el efecto del manejo. La fuente de datos utilizada consistió en información dasométrica y ecológica de 1132 rodales tipo y 2700 subrodales bajo manejo representativos de las condiciones productivas de la región de El Salto. Los resultados para el objetivo uno mostraron que los sitios de dimensiones fijas de alta precisión deberán ser de superficies superiores a los 1200 m<sup>2</sup>., el método de dimensiones variables resultó estar sesgado para inventarios forestales. Los resultados del objetivo dos mostraron que la distribución de especies estuvo estadísticamente relacionada con la altura sobre el nivel del mar y con la pendiente. En los gradientes se muestra que los pinos y los encinos distribuyen equitativamente sus abundancias hasta los 2000 msnm y a partir de esta altitud los pinos dominan los paisajes. Para el objetivo tres los resultados mostraron que los bosques del Salto son diversos y que se encuentran en etapas sucesionales intermedias a pesar del manejo que se le ha dado durante décadas. Los índices de Simpson y Shannon y modelos de abundancia normal logarítmica y la serie logarítmica describen correctamente la diversidad – abundancia de los bosques del Salto, Durango, ya que son sensibles a los cambios de esta estructura a través del manejo. El manejo está contribuyendo a modificar la diversidad de la sinusia arbórea de los ecosistemas forestales de la sierra madre occidental del centro – sur de Durango, México. Esta investigación enfatiza la necesidad de continuar estudiando técnicas de evaluación eficientes para entender la dinámica sucesional, diversidad y distribución de los bosques manejados.

## ABSTRACT

The dasometric studies form the basis to quantify growth and yield of forests. Diversity is essential to maintain functioning forest ecosystems. the objectives of this work were: 1) to compare three sampling schemes for forest inventory, 2) to describe the ecology of the tree species and 3) to describe the structure of the diversity - abundance of the tree and shrub strata and it is modified by forest management. the source of data used consisted on dasometric and ecologic information of 1132 unmanagement stands and 2700 under management stands, characteristics of the productive conditions of El Salto region. The results for the first objective showed that circular fixed dimension inventory schemes, with 1200 m<sup>2</sup> of area can provide releable estimates, variable size inventory schemes resulted biased. The results of the second objective showed that the specie distribution was statistically related to altitude above sea level and slope. species gradients showed that pines and oaks distribute with similar densitie below 2000 msnm and above this altitude pine species dominate the landscape. For the objective three, the results showed the these forests are diverse and that they are found in middle succesional stages regardless on the management to which they had been subjected for decades. the diversity index of Simpson and Shannon and the diversity - abundance models logarithmic serie and normal logarithmic described better the diversity abundance of these forests because they are sensitive to management. Forest management is contributing to modify the diversity structure of the sinusea arborea of the forest ecosystems of the south central porción of the western Sierra Madre Mountain range of durango, México. This reseach enfasizes the need to continue studying efficient techniques for evaluating sucesión, diversity and species distribución of the forest ecosystems of Durango, México.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

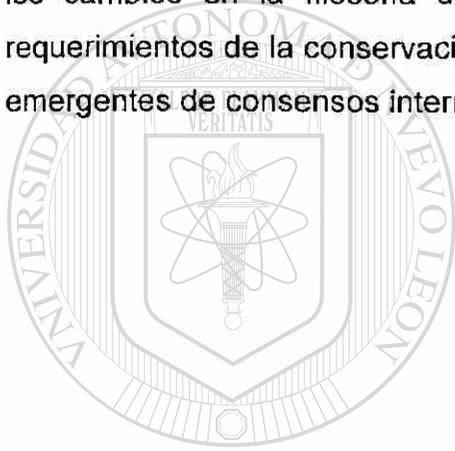
Los bienes y los servicios esenciales de nuestro planeta dependen de la variedad y la variabilidad de los genes, las especies, las poblaciones y los ecosistemas (ONU, 1992). Una población puede tener diversidad de especies en su composición, en su estructura de edad, en la fase de desarrollo, en su composición genética, etc. Los bosques naturales constituyen el depósito más importante de la diversidad biológica terrestre (FAO, 1999). Por esto su conservación y aprovechamiento racional son temas relevantes en la agenda internacional a través de los múltiples foros.

Los bosques templados del norte de México están siendo explotados a un ritmo rápido, amenazando su extraordinaria diversidad biológica (García - Arévalo, 1998). En particular, el Estado de Durango tiene 123,181 Km<sup>2</sup> de superficie de los cuales el 73.5% corresponde a superficie con vegetación natural (SARH, 1992; Flores y Gerez, 1994). En esta parte centro-norte de México se han reportado 19 tipos de vegetación presentes y 3,650 especies y subespecies (González, et al. 1991), los ecosistemas templados son los más diversos, como vegetación importante García y González (1998) reconocen 4 Géneros y 24 especies de Pináceas: 2 de *Abies*, 1 de *Picea*, 1 de *Pseudotsuga* y 20 del género *Pinus*, una gran variedad del género *Quercus* y diversos grupos de otras latifoliadas.

El conocimiento de las especies existentes, de sus características distintivas, de su distribución y afinidades ecológicas, es un aspecto fundamental que debe de considerarse durante la estructuración de programas de manejo para que estos permitan una explotación óptima y sostenida (García y González, 1998). Además, el conocimiento de cómo se generan cambios en la diversidad por causas naturales y por

disturbios antropogénicos forma la base central del manejo sostenible en su criterio de conservación de la diversidad biológica.

En esta tesis se rescata la necesidad de inventariar correctamente los recursos forestales, conocer la ecología y distribución de las principales especies arbóreas presentes en los bosques nativos de pino – encino del centro sur del Estado de Durango, México. El impacto del manejo tradicional sobre los cambios estructurales de la diversidad – abundancia de las especies presentes en los bosques conforman la parte central del documento. Finalmente se describen algunas recomendaciones sobre los cambios en la filosofía de manejo de bosques nativos para cumplir con los requerimientos de la conservación de la diversidad ecológica de los diferentes procesos emergentes de consensos internacionalmente aceptados.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPITULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1. OBJETIVO GENERAL

El estudio tuvo por objetivos generales: 1) determinar y definir la eficiencia de tres esquemas de muestreo utilizados en inventarios forestales en bosques de coníferas, 2) entender la ecología de las especies que componen los bosques nativos de coníferas, 3) describir la estructura de la diversidad - abundancia de la sinusia arbórea de los bosques de coníferas y 4) determinar el efecto del Método Mexicano de Ordenación de Montes en la estructura de la diversidad – abundancia de los bosques nativos del Salto, Durango, México.

#### 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.1. Definir la eficiencia y tamaño apropiado de sitios circulares para inventarios forestales.
- 1.2. Evaluar la eficiencia y el número del árbol vecino adecuado para inventarios forestales.
- 1.3. Determinar la eficiencia y el tamaño apropiado de sitios cuadrados en inventarios forestales.
  
- 2.1. Determinar los diferentes tipos de vegetación existentes en cinco ejidos forestales.
- 2.2. Definir los factores causales de la presencia de los tipos de vegetación existentes.
- 3.1. Ajustar siete índices de diversidad y cuatro modelos de diversidad – abundancia a 1070 rodales tipo.
- 3.2. Determinar la eficiencia de las índices de diversidad y los modelos de diversidad – abundancia.

- 4.1. Simular el efecto del manejo forestal tradicional en la diversidad – abundancia de los bosques nativos.
- 5.1. Recomendar opciones de manejo para cumplir con el criterio de la conservación de la diversidad biológica de los bosques de pino – encino.

## **HIPOTESIS**

### 2.3.1. Hipótesis nulas ( $H_0$ )

- 1.1. El volumen estimado es similar entre sitios de diferentes dimensiones.
- 1.2. El volumen estimado es similar en tres esquemas de muestreo; dos de dimensiones fijas: sitios circulares y sitios cuadrados y uno de dimensiones variables; árboles vecinos.
- 2.1. Existe solo un tipo de vegetación en los bosques nativos.
- 2.2. No existen factores que controlen la distribución de las especies.
- 2.3. Los siete índices de diversidad y los cuatro modelos de diversidad – abundancia describen similarmente la estructura de la diversidad y abundancia de los bosques nativos.
- 4.1. El manejo forestal tradicional no altera la estructura en la diversidad – abundancia de los bosques nativos de la región del Salto, Durango, México.

## CAPITULO III

### ANTECEDENTES HISTORICOS

#### 3.1 ESQUEMAS DE MUESTREO EN INVENTARIOS FORESTALES

Se han hecho diversas investigaciones encaminadas a determinar técnicas y tamaños de muestra, con el fin de que sean incorporadas al manejo forestal. La gran mayoría se sustentan en fundamentos puramente teóricos, mediante simulaciones de parcelas, algunas de ellas careciendo de bases estadísticas que recomienden alternativas de muestreo favorables para una condición dada.

##### 3.1.1 Sitios de dimensiones fijas

La determinación del tamaño óptimo de sitios de muestreo para fines de inventarios forestales es un problema que ha preocupado desde hace mucho tiempo a los dasónomos. Clements (1898) utiliza sitios de muestreo de  $5\text{m}^2$  para hacer evaluaciones forestales en Nebraska. Bartlett (1948 en Bonham, 1987) menciona que el muestreo de parcelas cuadradas son más eficientes para estimar la densidad. Caballero (1970) en la evaluación de cuatro tamaños de sitios circulares en inventarios, hace una revisión de literatura de las principales investigaciones de tamaños de parcela en países desarrollados, destacando los siguientes. En Finlandia; Nyysönen y Vuokila (1963) concluyen que sitios de  $200$  y  $300\text{m}^2$  fueron más eficientes. Nyysönen y Vuokila (1963) en sus investigaciones al respecto agregan que en bosques de gran árbolado, sitios mas grandes de muestreo de los que se usan para bosques jóvenes, son más eficientes. El cuarto inventario forestal nacional finlandés se realizó con sitios de  $300\text{m}^2$ . Kansas (1959) sugiere sitios de  $100$  a  $200\text{m}^2$ . Kuusela (1960) recomienda sitios de  $500\text{m}^2$  para la zona norte y  $300\text{m}^2$  para zonas sur donde se distribuye *Pinus*

*sylvestris*. Según reportes de Vid Andra (1938) y Hagberg (1957), el inventario nacional forestal de Suecia fue hecho con sitios de 138 m<sup>2</sup>. En Noruega, Stridsberg (1956 en Taksering, 1991), mencionan que los sitios de 200 m<sup>2</sup> son los más eficientes, aunque para el inventario forestal nacional se utilizan sitios de 100 m<sup>2</sup> (Taksering, 1991). Strand (1963) elaboró un trabajo aplicable a las condiciones de Noruega, donde señala el efecto del tamaño del sitio sobre la exactitud de inventarios forestales, concluye que el tamaño del sitio tiene relativamente poca importancia sobre la variación entre rodales, por lo que, a medida que la variación entre rodales es mayor, menor es el error al aumentar el tamaño de sitio. En Alemania, Prodan (1955; 1958) se inclina por los sitios de 1000 m<sup>2</sup>. Richter y Grossman (1959) en sus reportes, recomiendan que los sitios más eficientes son de 300 m<sup>2</sup>. En Estados Unidos, Spurr (1952) hace hincapié en que los sitios deberán incluir por lo menos 20 o 30 árboles medibles. Este autor recomienda 1011 m<sup>2</sup> para evaluaciones de árboles maduros y 405 - 809 m<sup>2</sup> para arbolado más joven.

En Estados Unidos, importantes investigaciones recomiendan sitios relativamente pequeños para inventarios forestales. En Minnesota y Michigan se han utilizado sitios de 809 m<sup>2</sup> (Cunningham et al, 1960; Fienell et al, 1960); en Kansas, se utilizaron sitios circulares de radios variables (Chase y Strickler, 1968) y en Arkansas sitios de 405 m<sup>2</sup> (Hedlund y Earles, 1969). Oosting (1956) propone para estratos arbóreos, muestras cuadradas de 10 m de lado, para estratos arbustivos de 4 m de lado y para herbáceas, cuadros de 1 m de lado (Mopt, 1992).

Las experiencias en México para comparar tamaños de sitios, son limitadas. El tamaño de sitio que se utiliza convencionalmente en el Inventario Forestal nacional es de 1000 m<sup>2</sup> (Rodríguez, 1963). Caballero et al., (1970) realizaron una evaluación de cuatro tamaños de sitio circulares en inventarios forestales en bosques de Pino - Encino del estado de Guerrero, en condiciones de bosques irregulares. Las dimensiones de sitio que se compararon fueron de 500, 750, 1000 y 1250 m<sup>2</sup> y concluyeron que existen diferencias significativas entre los diferentes tamaños de sitio. En el reporte señalan, que pueden utilizarse los diferentes tamaños de sitio,

dependiendo de la intensidad de muestreo, mientras más grande sea ésta, es recomendable utilizar sitios de mayor superficie. Para una intensidad fija de muestreo, es factible emplear sitios de 500 o 750 m<sup>2</sup>. Caballero (1970) recomienda sitios de 500 - 750 m<sup>2</sup>. Medina (1983) determina el tamaño óptimo de sitios para rodales con pendiente, concluyendo que, los sitios cuadrados son más eficientes. Viant (1991) recomienda sitios de dimensiones fijas de forma cuadrada, ya que éstas unidades de muestreo proporcionan perfectamente los límites del sitio. Borecki et al., (1991) realizan una investigación con sitios circulares de muestreo para estimar el volumen de masas forestales en Suecia, en dicha investigación determinaron el tamaño de parcela adecuado para *Fagus sylvática* y *Picea abies*. Achereuder y Williams (1991) reportaron comparaciones de tres esquemas de muestreo; de dimensiones fijas; puntos de muestreo y muestreo lineal, mediante un sistemas de simulación de parcelas. En un muestreo de selección de diferente intensidad, encontrando que en orden de importancia, los puntos de muestreo, y luego el muestreo lineal, resultaron más eficientes que el muestreo de dimensiones fijas, para las primeras cuatro clases diamétricas. Thren (1993) señala que las parcelas circulares son más usadas en la práctica, ya que dan la misma relación entre circunferencia y superficie, además minimizan errores de borde. Este investigador hace las siguientes recomendaciones para tamaños de sitios circulares:

DAP (Diámetro normal)  $\geq 20$  cm; área = 1000 m<sup>2</sup>

DAP  $\geq 10$  cm  $< 20$  cm; área = 100 m<sup>2</sup>

Brinzales; área = 12 m<sup>2</sup>

Wakasima e Yoshida (1995) compararon diferentes tamaños de sitios circulares para *Cryptomeri japónica*. Hacen hincapié que el método de los 6 árboles, constituye una alternativa favorable para los inventarios forestales, ya que proporciona de manera sencilla, estimaciones de volumen y área basal, al igual que otros métodos. la investigación se realizó para plantaciones de *Pinus resinosa* y *Acer sacharum* (especie dominante), así como para rodales mixtos de *Populos tremuloides* y *Red rubrum*. William y Wiant (1997) realizaron simulaciones para estudiar los sesgos provenientes

de diferentes métodos de muestreo, en sitios de *Pinus ponderosa* y sitios mixtos, con especies nativas. Aguirre, et al., (1995) evaluaron, mediante un simulador de parcelas, diferente tamaño de sitio, desde 0.01 has. hasta 0.1 has, en intervalos de 0.01 has. Analizaron también sitios de dimensiones variables, para factores de área basal de 1 a 10. El estudio, se realizó, para un rodal de *Pinus cooperi* blanco en bosques del Salto Durango. En los resultados, encontraron, que el tamaño apropiado de sitio, para inventarios forestales es de 0.05 has Aguirre et al., (1995) concluyen también que a medida que el tamaño de sitios se incrementa, el número de sitios necesarios para lograr un nivel de precisión dado, varía cada vez menos. Para el análisis de sitios de dimensiones variables, no tuvieron resultados concluyentes, porque los factores 1 y 2 no pudieron probarse y los radios probados con los demás factores, rebasaban el radio de 17.84.

### 3.1.2 Sitios de dimensiones variables

Una modalidad de los sitios de dimensiones variables se denomina método de las "distancias de árbol a árbol". Las relaciones entre la distancia media de los árboles (al primero, segundo, tercero, etc., árboles vecinos) y el número de fustes por unidad de área se han realizado por numerosos investigadores. Este método proporciona buenos resultados para rodales homogéneos, para poblaciones heterogéneas produce resultados sesgados (Ruiz, 1982). Bitterlich (1947) diseña el método de muestreo de puntos, en donde por medio de un aparato con principios ópticos se hacen mediciones de árboles, en donde el objetivo principal es evaluar la densidad. Años más tarde se construyeron otros aparatos con los mismos principios; el relascopio de Spiegely, los prismas ópticos, así como otros aparatos de Bruce y Kramer, son herramientas de este tipo. Stoffels (1955) considerado como pionero en el uso de parcelas de dimensiones variables, propone el método " Distancias de un punto al árbol " x ", con el objeto principal de conocer la densidad de los rodales mediante sitios de diferente superficie. Prodan (1968) y Schopfer (1969) establecen que la distancia del centro al sexto árbol, es la apropiada para definir el radio de las unidades de muestreo para evaluaciones forestales. Método que hasta la fecha se sigue utilizando, principalmente para trabajos

de investigación. El método de Prodan (1968) es llamado comúnmente "método de los 6 árboles". El método es aplicable en rodales jóvenes, maduros o viejos lo recomienda para rodales pequeños y homogéneos. Cox (1971) propone dos técnicas de muestreo: el método ordenado, en el que las distancias se arreglan en un orden dentro de un círculo alrededor de un punto muestral; y el método del cuadrante, en el cual se mide una distancia en cada uno de los cuatro cuadrantes. Concluyó que el método del cuadrante resultó mejor para rodales heterogéneos (Ruíz, 1982). Schopfer (1969) probó diferentes tamaños de muestra de 1 hasta 10 árboles cercanos al centro, concluyendo que sitios menores al sexto árbol producen errores sesgados, por lo que el árbol que define el radio del sitio de dimensiones variables deberá de ser del cuarto en adelante. En México, Mejorana y Carreón (1962) realizaron estudios dasométricos para aprovechamientos resiníferos en Michoacán, utilizando sitios de dimensiones variables, mediante aparatos de Bitterlich y otros de principios ópticos. Rutkowski y Poznanski (1987) realizaron una investigación, cuyo objetivo principal consistió en determinar la exactitud y eficiencia de métodos de inventario basados en parcelas circulares el método de los 6 árboles de Prodan, mediante el relascopio de Bitterlich. El estudio se realizó en rodales tipo de Polonia, para especies de los géneros *Betula*, *Fagus*, *Quercus*, *Abies* y *Picea* de varias edades, así como para *Pinus silvestris* sobremaduros. En sus resultados concluyen, que los sitios circulares presentan mayor eficiencia y exactitud que el método de los 6 árboles propuesto por Prodan (1968). Kim (1987) en su reporte estimación del área basal con el método de los 6 árboles y mediante el relascopio de Bitterlich, realizaron una comparación entre éstos dos métodos para *Pinus densiflora*, *Quercus variabilis*, *Pinus rigida* y *Pinus taeda*, concluyendo que las evaluaciones, mediante el relascopio de Bitterlich, producen resultados sesgados y que el método de los 6 árboles de Prodan, constituye la mejor técnica para sitios de dimensiones variables. Lessard et al., (1994), hacen una comparación entre el método de distancia del "n" árbol cercano y el muestreo con sitios circulares utilizados en Michigan. Hacen hincapié que el método de los 6 árboles constituye una alternativa favorable para los inventarios forestales, ya que proporciona de manera sencilla, estimaciones de volumen y área basal, al igual que otros métodos. La investigación se realizó para plantaciones de *Pinus resinosa* y *Acer sacharum*

(especie dominante), así como para rodales mixtos de *Populus tremuloides* y *Red rubrum*. En los resultados concluyentes señalan, que el método de los 6 árboles produce estimaciones sesgadas, pero que por sus bajos costos, puede aplicarse para inventarios que no requieran de mucha precisión. Saborowski y Smelko (1998) realizaron evaluaciones por inventarios forestales, utilizando sitios de dimensiones variables, mediante simulaciones de parcelas, generando bosques artificiales. Los resultados fueron benévolos con éste método para latizales. Lynch y Rusidi (1998) en su reporte de muestreo de distancia para inventarios forestales en plantaciones de Indonesia, compararon parcelas fijas con parcelas variables en plantaciones de *Tectonia grandis*. Los sitios de dimensiones variables resultaron ser eficiente para el quinto árbol. En esta investigación, también se analizó la eficiencia de los sitios de 0.1 has. Concluyendo al respecto, que las parcelas con éstas dimensiones fijas nos son adecuadas, ya que los resultados produjeron estimaciones sesgadas, por lo que recomiendan mejor el método del 4 o 5 árbol más cercano.

En México el método de Prodan del 6<sup>to</sup> árbol más próximo se ha utilizado con objetivos meramente de investigación, aportando excelentes resultados por ejemplo Vargas (1999) utilizó éste tipo de muestreo para determinar la caracterización de la productividad de la estructura de *Pinus hartwegii* Lind en tres gradientes altitudinales en el Cerro Potosí, Galeana N.L. Quiñones (2000) utiliza el método para caracterizar silvícola y estructuralmente rodales de *Pinus pseudostrobus* Lindl en el sur de Nuevo León, México.

### 3.2 Trabajos realizados en México sobre ecología y distribución de especies

Existen evidencias de que se han estudiado las especies forestales, principalmente de carácter taxonómico, en donde brevemente y de manera muy general se describe la ecología de las especies. García y González (1998) hacen una revisión de literatura, en donde señalan los antecedentes sobre estudios de las especies, algunas citas sobresalientes son las siguientes:

Roezl (1857) describió más de 80 especies del género *Pinus*, sin embargo como no presentó una descripción y comparación entre ellas sólo el *P. lawsonii* es actualmente reconocida. Martínez (1948, 1963) realizó los estudios más completos sobre los pinos de México. Mapas de distribución de los pinos mexicanos fueron elaborados por primera vez por Critchfiel y Little (1966). Rezendowski (1978) publica su libro vegetación de México. Styles (1993) reporta algunos trabajos publicados por Durango sobre distribución y ecología de coníferas destacan los siguientes. Maysilles (1955) estudió los bosques del oeste de Durango en su tesis doctoral. En 1964, el inventario nacional presentó una relación de las 8 especies mayormente comerciales para esta entidad. Gordon (1988) estudió la ecología del *Picea Chihuahua*. Passini trabajó con la taxonomía de piñoneros en Durango. González (1983) hace referencia de los pinos más importantes. González (1991) hizo un estudio sobre la flora de Durango. Debreczy y Rácz (1994) describen algunas especies del noroeste de México.

### 3.3 Diversidad de especies

Peet (1974) resalta que la riqueza de especies y la equitatividad (homogeneidad) son conceptos que determinan la importancia de las especies. Pickett (1976) sostuvo que la energía del sistema de un ecosistema cambia desde la producción hasta el mantenimiento, a través de la sucesión se incrementan las complejidades estructural, composición y la diversidad. Resalta también que a través de la sucesión el ciclo de nutrientes se estrecha y disminuye y por lo tanto aumenta la autorregulación del sistema. Pickett (op. cit.) afirmó que entre los instrumentos de sucesión se incluye la complejidad de los ciclos de vida de las plantas, iniciando aquellas de ciclo de vida simple, sucediéndose así hasta las de ciclos de vida más complejos. Franklin et al. (1981) consideró que las características principales de un ecosistema son la composición, la estructura y la función, las cuales contribuyen a la biodiversidad de un área. Redford (1990) señaló la importancia de estudiar la diversidad de bosques diferentes a los tropicales lluviosos. Williams (1992) indicó que las medidas de diversidad se han quedado cortas al considerar únicamente la riqueza de especies de una

comunidad. Badii et al. (1994) reunió los conceptos explicativos de la diversidad: el tiempo evolutivo; el tiempo ecológico, la heterogeneidad espacial, la estabilidad climatológica, la productividad, la competencia, la depredación, el área como fuente de diversidad de especies, la limitación de los recursos y la polinización mediante los animales.

### 3.3.1 Medidas de diversidad de especies

Magurran (1988) reúne una serie de trabajos relacionados con diversidad haciendo referencia sobre las diferentes medidas de diversidad, sin embargo el concepto de diversidad y sus métodos de medidas siguen y seguirán siendo materia de discusión. Magurran (op. cit) menciona los siguientes autores: Rice y Kelting (1955) proponen el criterio de la curva especies - área para determinar el tamaño mínimo para medir diversidad, utilizando éste concepto Cañ y Oliveira (1959) determinaron que a un incremento de 10% del área de muestreo deberá corresponder a un incremento de 10% del total de las especies registradas. Priston (1960) realizó interesantes observaciones entre el tamaño del área de muestreo y el número de especies presentes. Menhinik (1964) comparó algunos índices de diversidad de especies / individuos acumulados, en relación al tamaño de muestra. Loyd y Gheraldi (1964) propusieron un método para calcular la equitatividad de una muestra con la equitatividad de la barra rota, elaborando una tabla con el número de especies esperadas. McIntosh (1967) propuso un índice de diversidad derivado de una medida de distancia, la cual es considerada la medida de las relaciones ecológicas surgidas por la similitud de dos comunidades o muestras. McNaughton (1967) realizó una investigación, utilizando un índice de dominancia basándose en dos especies más comunes, concluyendo que la dominancia está relacionada con la productividad e inversamente relacionadas la diversidad y la estabilidad. Pielou (1969) enlistó los términos usados para medir la diversidad. Kempton y Taylor (1974) ajustaron la distribución lognormal. Kempton y Taylor (1976) proponen el método y el estadístico "Q", estos autores en 1978 encontraron que tanto el estadístico "Q" como el alfa (serie geométrica) alcanzan un mayor grado de discriminación que los índices de Shannon y

Simpson (op. cit). Morris y Lakhani (1979) reportaron que el índice de sitio es menos sensitivo a diferencias inter-sitio que el índice de Shannon. Hasta 1986 se creía que todas las comunidades son log normal, sin embargo, Hugues y Lamshed (1986) probaron lo contrario. Magurran (1988) reunió los conceptos, técnicas y metodologías mas usadas en la medición de la diversidad.

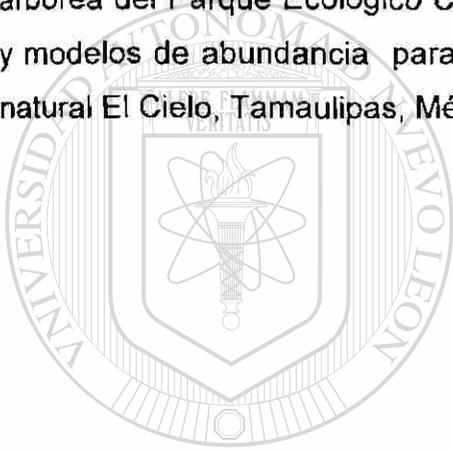
### 3.3.2 Investigaciones sobre diversidad de especies

Los trabajos realizados para describir la diversidad de especies de árboles forestales son mínimos y en su mayoría han considerados principalmente los índices de Shannon (H') y Simpson. Dickman (1968) mencionó en sus reportes que el índice de Shannon puede considerarse un buen índice para evaluar la diversidad de especies, ya que es muy sencillo y proporciona una descripción de la estructura entre la abundancia total. Risser y Rice (1971) estudiaron la diversidad de especies en bosques dominados por el género *Quercus* en Oklahoma, USA. En su trabajo expresan que el índice de Shannon está relacionado con el área basal e inversamente relacionado con la densidad, reportaron también que la diversidad decrece y la abundancia aumenta a lo largo del gradiente de precipitación de este a oeste. Shafi y Yarranto (1973) investigaron el efecto del fuego en la sucesión y riqueza de especies, concluyendo que después de un incendio la riqueza de especies se incrementa, por lo que este disturbio se considera un retraso en la sucesión vegetal. Peet (1975) propone que se considere la abundancia relativa en vez de la absoluta en las mediciones de diversidad abundancia. Routledge (1977) investigó la diversidad en gradientes latitudinales, utilizando el índice de Shannon. Atalo (1977) recomendó análisis multivariados en el estudio de la diversidad, ya que esta herramienta muestra la estructura de grupos de especies. Routledge (1980) realizó un trabajo en donde indica parcelas pequeñas pueden producir sesgos menores en la medición de la diversidad. Miline y Forman (1986) describieron la diversidad de especies forestales en diferentes gradientes de Maine, USA, utilizando el índice de Simpson, mostrando que la riqueza de especies cambia significativamente en los gradientes altitudinales. Los mismos autores relacionaron la diversidad de especies con factores ambientales mediante análisis de

DCA. Heltshe y Forrester (1985) compararon diferentes tamaños de sitios cuadrados para medir la diversidad mediante datos simulados, utilizando el índice de Brillouin y el de Simpson, encontraron que sitios cuadrados pequeños producen menos sesgo en el cálculo de diversidad con el índice de Brillouin, con parcelas pequeñas el índice de Simpson produjo mas sesgos en la diversidad. Sgardelis y Stamou (1990) utilizaron índices de diversidad para ver los efectos de dominancia y uniformidad de especies forestales. Reiners (1992) estudiaron los cambios en la diversidad de especies en una sucesión de rodales deforestados después de haberles aplicado herbicida. Observaron que la riqueza de especies aumento rápidamente en forma mas o menos uniforme. Gauthier y Bergeron (1993) estudiaron la estructura de edades de rodales de *Pinus banksiana* en bosques boreales de Quebec, Canadá, utilizando el índice de Shannon. Hill (1993) mencionó que los índices de Shannon y Simpson proporcionan buenas estimaciones para el número de especies presentes, pero que ignoran las especies raras o con muy poca abundancia. Tatoni y Roche (1994) estudiaron la diversidad de especies y cambios de vegetación (sucesión escudaría) después de haber hecho una limpia en terrazas mediante el índice de Shannon, concluyendo que la vegetación es controlada por las especies de árboles dominantes. Stork, et al. (1997) presentaron criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad del manejo forestal para la conservación de la biodiversidad, ellos estudiaron el efecto de las intervenciones humanas por medio del manejo en la diversidad de los bosques, estos autores concluyeron que la corta selectiva y el cambio de usos de suelo han afectado fuertemente al régimen natural y a la dispersión y migración de las especies así como al proceso regeneración - sucesión. Gimaret y Pélissier (1998) estudiaron el efecto del tamaño y tipo en la diversidad de especies en árboles de bosques de la India haciendo comparaciones con el índice de Shannon y Simpson, en donde concluyeron que el índice Shannon es más fuertemente afectado por la aparición de especies raras que por el incremento en área de muestreo.

En México, se han hecho pocos trabajos sobre la estructura y diversidad, los mas recientes destacan en la Sierra Madre Oriental. Rodríguez (1994) analizaron la fitodiversidad arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco, utilizando todas

las medidas de diversidad citadas por Magurran (1988). Romero (1999) hacen una caracterización ecológica del matorral espinoso Tamaulipeco con índices de diversidad y modelos de abundancia. Torres (2000) analizó con el índice de Shannon y Simpson la estructura de diversidad de un bosque de pino encino en una fracción de la Sierra Madre Oriental. Guerra (2000) utilizó índices de diversidad y modelos de abundancia para evaluar poblaciones de vegetación rarápica, insectos y peces de la cuenca del Río San Juan, Nuevo León, México. Baca (2000) definió la estructura de bosques de pino encino en una fracción de la Sierra Madre Oriental. Pérez (2000) utilizó el índice de Shannon y Simpson para analizar la caracterización dasométrica de la vegetación arbórea del Parque Ecológico Chipinque. Corral (En prep.) ajustó índices de diversidad y modelos de abundancia para definir la estructura del bosque mesófilo de la reserva natural El Cielo, Tamaulipas, México.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPITULO IV

### REVISION DE LITERATURA

#### CAPITULO VI

##### 4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Los años recientes han sido testigos de un creciente interés por analizar los recursos naturales considerando los procesos de interacción entre la naturaleza, la economía y la sociedad. Esto se debe en parte, a la creciente preocupación social por los efectos que la demanda sostenida por insumos naturales puede representar en el largo plazo en un mundo de recursos finitos y escasos (Pearce, 1992; FAO, 1997).

Los inventarios forestales constituyen la herramienta de la cuantificación ordenada de las características de crecimiento y desarrollo de un bosque para su óptimo aprovechamiento y conservación, para realizar ésta cuantificación, es necesario diseñar un tipo de inventario, en donde sus características principales son: la distribución, forma, tamaño y número de muestras, las cuales deben ser adecuadas para cada tipo de bosque. Un inventario forestal es el método usado para medir y registrar los datos del bosque, procesar estos datos de campo para obtener así información de la cantidad y calidad de los árboles y características del área boscosa, con un grado de detalle y precisión de acuerdo al objetivo previsto y la exactitud requerida (Ferreira, 1994). Existen varios métodos de muestreo para inventarios forestales, pero los que más se utilizan se encuentran en la clasificación de Thren (1993), quien define básicamente tres:

1.- *Métodos de parcela de tamaño constante*, las cuales pueden ser circulares, rectangulares o cuadradas. Las parcelas circulares son las más usadas en la práctica,

ya que dan la misma relación entre circunferencia y superficie, minimizando errores de borde. Las parcelas rectangulares y cuadradas, se utilizan generalmente en trabajos de investigación, sobre todo si hay ensayos en bloques en diferentes tratamientos silviculturales. El tamaño de parcela mas usada para bosques es de 1000 m<sup>2</sup> (0.1 ha), o 500 m<sup>2</sup> (0.05 ha), dependiendo de la densidad y la edad. Para bosques jóvenes y densos, es conveniente usar parcelas pequeñas; y para bosques mas viejos y ralos, usar parcelas grandes. Se recomienda como regla práctica, que el tamaño tal que incluya 20 o 30 árboles medibles (Ferreira, 1994)

2.- *Método de distancias, o de dimensiones variables*, en donde las dimensiones de la parcela pueden cambiar, dependiendo de la densidad del sitio, sus principios se basan en el conteo regular de los individuos. La técnica más conocida es la propuesta por Prodan (1968), en donde el radio del sitio depende de la distancia del árbol centro al 6<sup>to</sup> árbol más cercano.

3.- *Método de parcelas ideales*.- Fue realizado por Bitterlich (1948), se basa en el conteo de parcelas al azar sin determinar los radios de la misma, los radios dependen de los diámetros (Thren, 1993). Este método también se le denomina muestreo de puntos. En base a los principios de éste método, se han construido aparatos que sirven para hacer evaluaciones como el relascopio de Spiegel y las cuñas de prismas ópticas.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Según Akça, cualquier método se puede utilizar, pero que la superficie de una parcela de tamaño constante debe albergar por lo menos 15 árboles para tener una representación suficiente del área basal (Thren, 1993).

## 4.2 INVENTARIO DE RODALES TIPO EN LA REGION DEL SALTO DURANGO

El Inventario de Rodales Tipo (IRT) se formuló en base a información regional proveniente del Inventario de manejo para la región de El Salto 1987 - 1997, además de parcelas permanentes de aclareo, análisis troncal y remediciones periódicas.

### 4.2.1 Objetivos del Inventario de Rodales Tipo

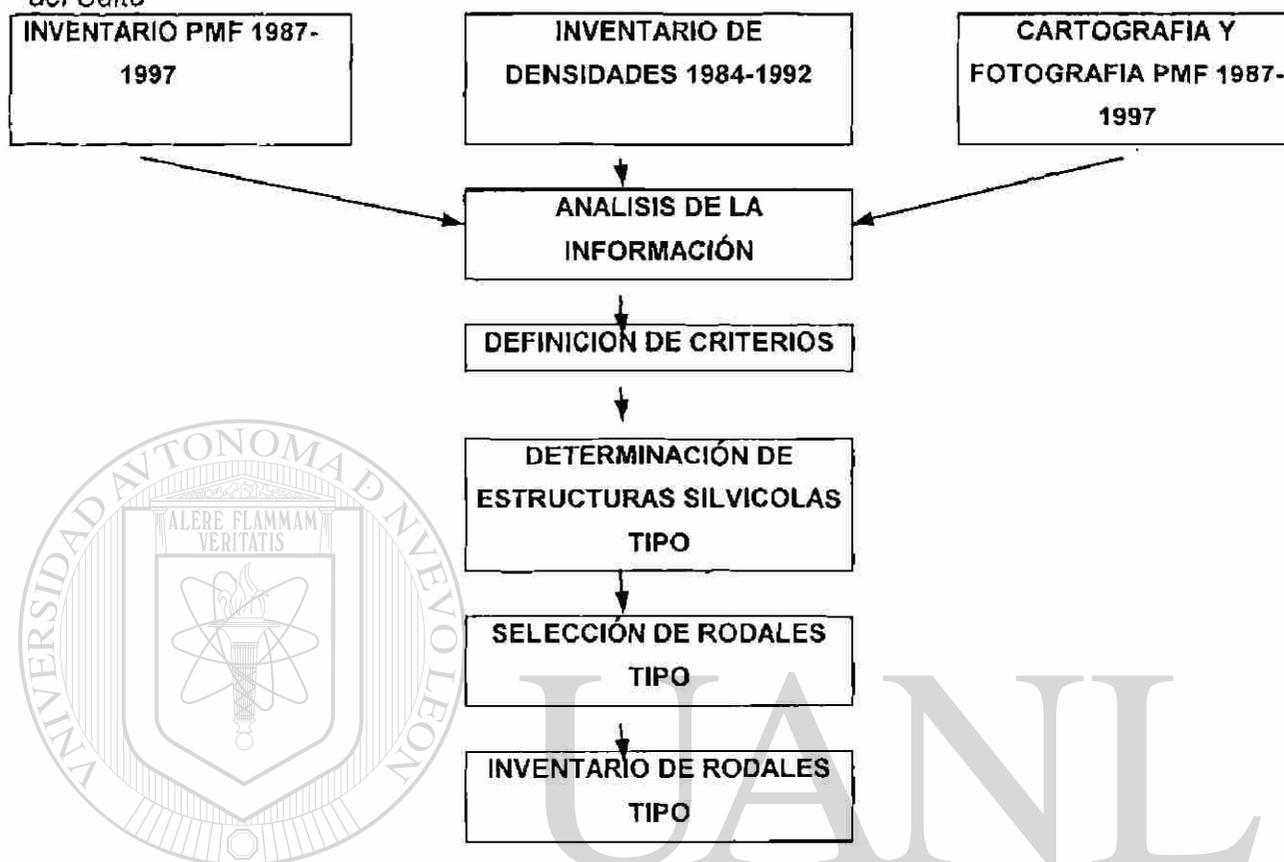
1. Establecer una red de sitios en los cuales estén consideradas todas las condiciones de productividad del predio bajo estudio.
2. Obtener información suficiente para generar las ecuaciones de volumen (total y comercial), y de ahusamiento para especies de pino.
3. Generar las bases biométricas (modelos de crecimiento y producción, índice de sitio, densidad y estructura silvícola), para cada una de las especies de importancia comercial presentes en cada predio.
4. Realizar el análisis troncal de las principales especies de pino presentes en los predios.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Cuadro 4.1 Esquema general de la metodología empleada en la planeación y ejecución del Inventario de Rodales Tipo (IRT) para el Programa de Manejo Forestal de la Región del Salto**



### 4.3 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE MUESTREO EN INVENTARIOS FORESTALES

#### 4.3.1 Sitios circulares

Este tipo de muestra es el que mayormente se utiliza en los inventarios forestales, es de dimensiones fijas generalmente de 0.1 ha con radio de 17.84 m. Este método fue adoptado por Rodríguez (1953) para bosques de clima templado frío. Para llevar a cabo este tipo de muestreo, se ubica un árbol centro, luego se mide el radio (según la dimensión del sitio) en los diferentes puntos cardinales (con respecto al árbol centro). De esta manera se traza un círculo imaginariamente para saber que vegetación entra y cuál no, levantando por lo tanto solo la información que le corresponde a la unidad de muestreo según su superficie.

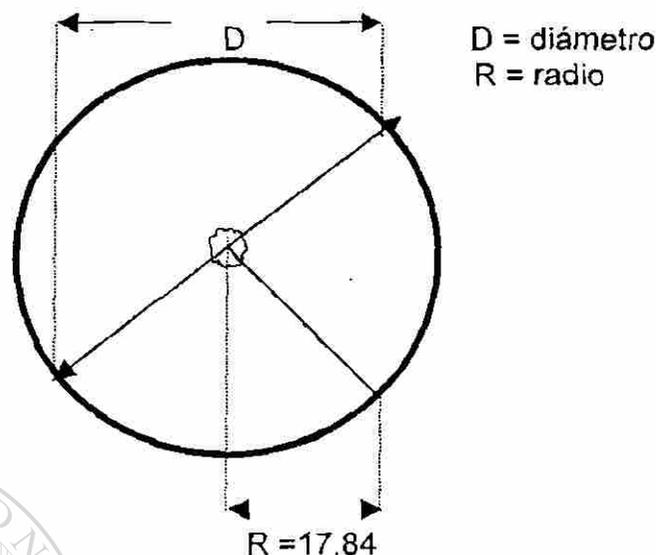


Figura 4.1 Forma de los sitios circulares en inventarios forestales de Bosques Mixtos e Irregulares de Durango, México

#### 4.3.2 Método de los 6 árboles

Este método es de dimensiones variables, ya que el tamaño de sitio puede variar en función del árbol vecino con respecto al árbol centro. Prodan (1968) propone este método para realizar evaluaciones en masas forestales, principalmente para bosques con rodales homogéneos y pequeños. La metodología para conocer el tamaño del sitio es la siguiente: se selecciona un árbol centro, luego se ubica teóricamente el árbol más cercano al centro. El radio del sitio estará definido por la distancia que existe entre el árbol centro y la mitad del diámetro del árbol vecino.

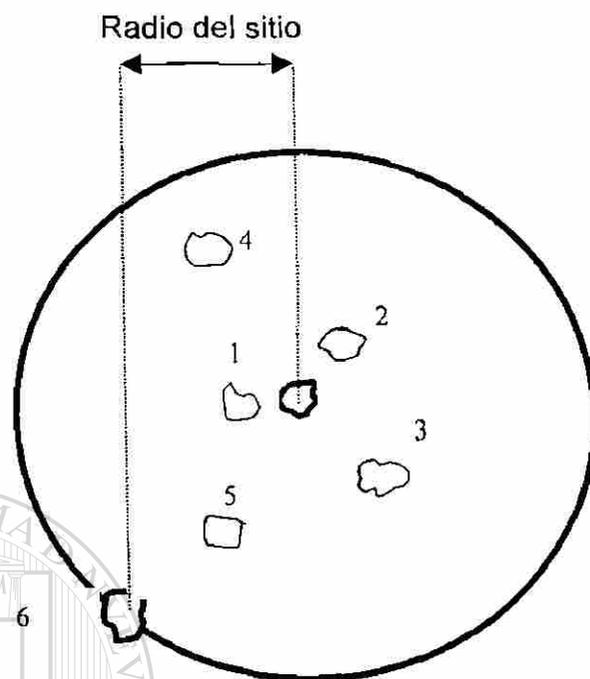


Figura 4.2. Esquema de muestreo utilizado en inventarios forestales a partir de dimensiones variables entre sitios denominado el Método del 6to árbol (Prodan, 1968).

#### 4.3.3 Sistema de muestreo por cuadrantes

El método de cuadrantes, es también un esquema de muestreo de dimensiones fijas, al igual que los anteriores, también se ubica un árbol centro de acuerdo a los objetivos del inventario), luego se trazan dos diámetros a partir del árbol centro (según las dimensiones del cuadrante), enseguida se traza un diámetro de las mismas dimensiones que los primeros en los extremos de cada uno de los radios de árbol centro, hasta formar un cuadro. De tal manera que con el árbol centro como "cero", se forma un sistema de cuadrantes, y se hacen las mediciones correspondientes de todos los árboles que caen dentro del cuadrante.

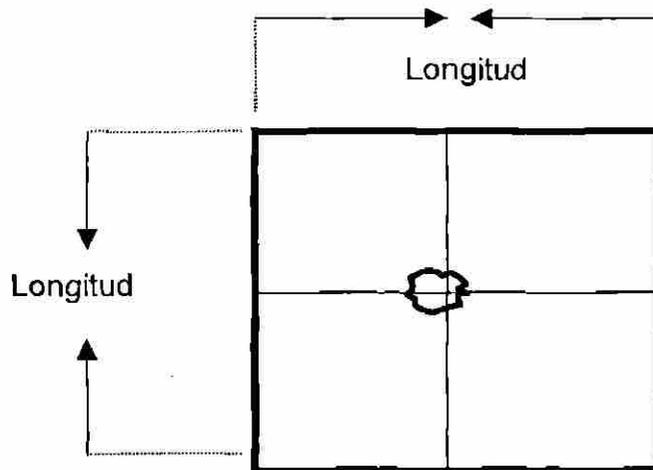


Figura 4.3. Esquema de muestreo utilizado en inventarios forestales denominado método de Cuadrantes.

## CAPITULO VII

### 4.4 Características y distribución de tipos de vegetación

#### 4.4.1 Pináceas

Las *Pináceas* comprenden un total de 9 géneros y alrededor de 250 especies, las cuales se encuentran distribuidas principalmente en el hemisferio norte (García y González, 1998). Los más abundantes son: *Pinus*, *Abies*, *Picea* y *Pseudotsuga* (Styles, 1993).

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.4.2 Bosque de pino (P)

Este tipo de vegetación constituye el género de *Pinaceas* mayormente representado, Richardson y Rundel (1998) señalan que se conocen por lo menos 111 especies, de las cuales la mitad se encuentra en México, Centro América y el Caribe (Styles 1993). Esta constituido por especies arbóreas (con algunas excepciones) de fuste recto, de talla baja y mediana, altura de 8 a 25 m., excepcionalmente mas de 30 m., hoja acicular en fascículos, perenne, caracterizado por la dominancia del género *Pinus* y su distribución es amplia en todas las cadenas montañosas del país (INEGI, 1992). El grueso de la masa forestal de pinos mexicanos se desarrolla a altitudes entre

1,500 y 3,000 msnm, aunque también se les ha registrado en áreas de clima caliente a 150 msnm, y a niveles superiores de más de 4,000 msnm (Rzedowski, 1978). Por lo que se deduce que existe una gran variedad de condiciones climáticas asociadas a los bosques de *Pinus* en la República, donde los límites absolutos de distribución marcan tolerancia de temperatura media anual entre 6 - 28°C, así como entre clima totalmente libre de heladas y otros en que el fenómeno puede presentarse en todos los meses del año. Aunque si se restringe la caracterización climática al área de las grandes masas forestales de pino, pueden aproximarse los límites entre 10 y 20°C de temperatura media anual y entre 600 y 1,000 mm de lluvia al año, lo cual correspondería al clima tipo Cw de la clasificación de Köppen (1948); en general son áreas afectadas por heladas todos los años y la precipitación se concentra en 6 a 7 meses. Por lo que se refiere al sustrato geológico, los pinares de México muestran gran preferencia por áreas cubiertas por rocas ígneas, tanto antiguas como recientes, produciendo suelos cuyo pH varía entre 5 y 7. El color del suelo, su textura y el contenido de nutrientes presentan variaciones considerables de un lugar a otro; son bastantes frecuentes las tierras rojas, más o menos arcillosas, derivadas de basaltos; en cambio las andesitas producen a menudo coloraciones cafés y texturas más livianas. Los suelos negros o muy oscuros son también frecuentes sobre todo a altitudes mayores a 3,000 msnm. Es característico de estos bosques un horizonte de humus de unos 10 a 30 cm y el suelo se halla cubierto de hojas de pino. La altura del bosque es variable, en la mayor parte de los casos oscila entre 8 y 25 m, pero puede alcanzar hasta 40 m; los troncos de pino son generalmente derechos y cuando estos árboles forman un bosque, sólo pueden persistir las ramas superiores que forman a menudo una copa más o menos hemisférica característica. El grosor de los fustes comúnmente varía entre 20 y 60 cm.; la densidad de estos bosques es también variable según la región de que se trate, composición, desarrollo de la masa arbórea etc.

Durango es uno de los estados con mayor diversificación de especies de pino, según García y González (1998) reportaron que en algunas casos se está dando el proceso de especiación (formación de especies) asociados también los géneros *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Pseudotsuga* y *Picea*. México es el país con mayor número de especies en el mundo (García y González, 1998) con 55 especies y 4 taxas (Styles, 1993), de los cuales el 90% son endémicos del país (PEF, 1995).

#### 4.4.3 Bosque de pino - encino (Pq)

Esta comunidad es la que ocupa la mayor parte de la superficie forestal de las partes superiores de los sistemas montañosos del país. Está constituida por la mezcla de diferentes especies de pino (*Pinus spp.*) y encino (*Quercus spp.*), ocupando muchas condiciones comprendidas dentro del área general de distribución de los pinos (INEGI, 1992).

#### 4.4.4 Bosque encino - pino (Qp)

Este tipo de bosque está formado por la dominancia de encinos (*Quercus spp.*) sobre pino (*Pinus spp.*), y generalmente se desarrolla en las áreas de mayor explotación forestal, en los límites inferiores de los bosques de pino-encino (INEGI, 1992).

#### 4.4.5 Bosque de encino (Q)

Bosque formado por individuos del género *Quercus* (encino, roble) en muy diferentes condiciones ecológicas, que abarcan desde cerca del nivel del mar hasta los 2800 m (INEGI, 1992). Los bosques de *Quercus* cubren el 4.29% de la superficie del país (SARH, 1992; Flores, 1994), representado por 135 especies (Nixon, 1993; Flores, 1994), de los cuales el 85% son endémicos del país (PEF, 1995).

#### 4.4.6 Otras coníferas

Este grupo de vegetación está formado por 5 géneros principalmente: 1) *Juniperus spp.*, 2) *Cupressus sp.*, 3) *Pseudotsuga spp.*, 4) *Abies spp.* y 5) *Picea spp.* Con excepción de el primero, se desarrollan principalmente en cañadas y laderas protegidas, preferencialmente en sitios húmedos y sombreados en altitudes superiores a los 2100 msnm. El género *Juniperus spp.* se encuentra asociado comúnmente con el género *Pinus*.

#### 4.4.7 Otras Latifoliadas

En este grupo de vegetación está constituido principalmente por árboles de tipo arbustivo, con poco valor económico, pero que forman parte de la diversidad de los bosques templados. Se distribuyen preferencialmente en condiciones de clima más cálido y en altitudes inferiores a los 2000 msnm. Los géneros más abundantes son el *Arbutus spp*, *Alnus spp* y *Prunus spp*.

#### 4.5 Sucesión

La sucesión es una serie de cambios del ecosistema en un área dada que conduce progresivamente hacia una estructura y composición más complejas (Holdrige, 1982; citado por Rodríguez 1989). Margalef (1981) expone que conforme avanza la sucesión se incrementa la biomasa, aunque la altura de la vegetación, la masa de las hojas (biomasa activa) aumenta menos que la de la madera (biomasa pasiva). Turk et al. (1973) mencionó que durante la sucesión de las especies vegetales cada una de ellas prepara el camino para la próxima etapa, pero contribuye a su propia extinción.

#### 4.6 Densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia

Franco et al. (1996) define los siguientes conceptos:

##### 4.6.1 Densidad

Es el número de Individuos de una especie por unidad de área o volumen.  
Densidad Relativa. Es la densidad de una especie referida a la densidad de todas las especies del área.

#### 4.6.2 Frecuencia

Es el número de muestras en la que se encuentra una especie.

Frecuencia relativa. Es la frecuencia de una especie referida a la frecuencia total de todas las especies

#### 4.6.3 Dominancia

Es la cobertura de todos los individuos de una especie, medida en unidades de superficie. MOPT (1985) la define como las especies con mayor biomasa total o gran competencia, la medida de dominancia indica el espacio de terreno ocupado actualmente por una especie.

Dominancia relativa. Es la dominancia de una especie, referida a la dominancia de todas las especies.

#### 4.6.4 Valor de importancia

Valor de importancia. Es la suma de los valores relativos de densidad, dominancia y frecuencia, proporciona información de la influencia de dicha especie dentro de la comunidad.

Edwards et al. (1993) y Franco et al. (1989) describieron formulas para estimar el valor de importancia de las especies, mediante los parámetros ecológicos de densidad, dominancia y frecuencia

#### DOMINANCIA

Reportada por Edwards et. al. (1993) como:

$$Dr = \frac{ABi}{ABT} * 100$$

Donde:  $Abi$ =área basal de la especie  $i$ .  
 $ABT$ =área basal de todas las especies

### DENSIDAD

La densidad relativa reportada por Edwards et al. (1993) se describe como:

$$Dr = \frac{NAi}{NAT} * 100$$

donde:  $Nai$ =número de árboles de la especie  $i$ .  
 $NAT$ = número de árboles de las especies presentes

### FRECUENCIA

La frecuencia según Franco et al. (1989) es:

$$Fr = \frac{Fri}{Ft} * 100$$

Donde:  $Fri$ = Número de sitios de muestreo en que aparece una especie  
 $Ft$ = Número total de sitios de muestreo

### VALOR DE IMPORTANCIA

Franco et al. (1989) la definen como:

Valor de importancia (V.I.) = Densidad relativa + Dominancia relativa + Frecuencia relativa.

## CAPITULO VIII

### 4.7 DIVERSIDAD

La diversidad se compone de dos elementos. Primero la variación y segundo la abundancia relativa de especies (Magurran,1988). La diversidad puede medirse registrando el número de especies, describiendo su abundancia relativa o usando una

medida que combine los dos componentes. Existe un sinnúmero de índices de diversidad. Magurran (1988) menciona que la razón de tan elevada competencia entre los índices es el hecho de que las medidas de diversidad consideran dos factores: riqueza de especies, que es el número de especies y uniformidad, esto es, en que medida son abundantes por igual. Una alta uniformidad, la cual acontece cuando las especies son iguales o virtualmente iguales en abundancia, convencionalmente se equipara con elevada diversidad. May (1975, 1981) y Southwood (1978) aportaron las bases sólidas para el estudio de la diversidad de especies.

#### 4.7.1 Abundancia y densidad

Se refieren al número de individuos presentes generalmente por unidad de superficie. Generalmente la abundancia se refiere a una estimación del número de individuos de cada especie presente, expresada en términos relativos, así se habla de especies raras, escasas, frecuentes, abundantes, etc.

La densidad proporciona una idea de la distancia media de los individuos de la especie y para encontrar su valor es necesario contar el número de individuos por unidad de superficie.

#### 4.7.2 Medidas de diversidad

Se utilizan dos métodos generales para analizar la diversidad de especies en situaciones distintas, esto es : 1) las comparaciones basadas en las formas, los tipos o las ecuaciones de las curvas de abundancia de especies, y 2) las comparaciones basadas en los índices de diversidad, que son razones u otras expresiones matemáticas, de relaciones de especies e importancia. Las medidas de diversidad de especies pueden dividirse en tres categorías principales. Primero los índices de riquezas de especies (Margalef y Menhinick), estos índices son esencialmente una medida del número de especies en una unidad de muestreo definida. Otra categoría la constituyen los modelos de abundancia de las especies los cuales describen la

distribución de su abundancia (Barra rota, Serie geométrica, Serie Logarítmica y Normal Logarítmica). Finalmente la abundancia proporcional de especies, como los índices de Shannon y Simpson, que pretenden resolver la riqueza y la uniformidad en una expresión sencilla.

#### 4.7.2.1 Índices de riqueza de especies

La riqueza numérica de especies se define como el número de especies por número de individuos especificados o biomasa (Kemton, 1979, citado, Magurran, 1988), y densidad de especies, que es el número de especies por área de recolección (Hurbert, 1971). Magurran(1988) hace referencia a índices sencillos donde se obtienen algunas combinaciones de  $S$  (numero de especies recolectadas) y  $N$  (numero total de individuos sumando todos las  $S$  especies), entre los que incluye dos índices de diversidad el de Margalef (1958) y el índice de diversidad de Menhinick (Whittaker, 1977).

Índice de diversidad Margalef (1958)

$$D_{mg} = (S-1)/\ln N$$

Índice de diversidad de Menhinick (Whittaker, 1977)

$$D_{mn} = S/\sqrt{N}$$

Donde  $S$  = numero de especies recolectadas y  $N$  = numero total de individuos sumando todos los de la "S" especies.

#### 4.7.2.2 Índices basados en la abundancia relativa de especies

El segundo grupo de índices de heterogeneidad mencionado por Magurran (1988), están referidos como medidas de dominancia ya que se pondera según la abundancia de las especies mas comunes mas que a partir de una medida de riqueza de especies. La abundancia según McNaughton y Wolf (1979) puede ser vista desde

dos puntos de vista; la abundancia relativa, la cual contribuye a la abundancia total y la abundancia absoluta definida por el número de individuos, biomasa o productividad.

#### 4.7.2.2.1 Modelos de abundancia de especies

Existen modelos de abundancia de especies que representan situaciones donde existe una alta uniformidad o bien en situaciones donde la abundancia de especies es completamente irregular. La diversidad de una comunidad puede describirse haciendo referencia al modelo que se ajusta en mayor medida al observado, además algunos parámetros de los modelos de abundancia pueden ser usados como índices de diversidad simples (Magurran, 1988). La abundancia puede ser definida en dos tipos; la abundancia relativa de una especie en la comunidad, que es la proporción de especies que contribuyen a la abundancia total y la abundancia absoluta que puede ser medida como el número de individuos, biomasa, productividad, u otras propiedades con algún significado funcional. Franco et. al. (1989) discuten del desarrollo de modelos matemáticos que se ajusten, esperando contribuyan a explicar las relaciones de abundancia esperadas. De los diversos modelos propuestos se consideran cuatro de ellos como los más importantes; la serie geométrica, en la que unas cuantas especies son dominantes, la serie logarítmica y normal logarítmica, en donde las especies con abundancia intermedia son más comunes y el modelo de la barra rota en el que las especies son igualmente abundantes.

##### 4.7.2.2.1.1 Serie geométrica (Motomura, 1932).

La serie geométrica (algunas veces llamada hipótesis del nicho vacío) representa una situación de máximo adelanto en el nicho (donde pocas especies dominan; que son aquellas que se han adelantado a grandes porciones del hiperespacio del nicho). Ocurre cuando una comunidad está dominada por un factor simple, y si la división del volumen del nicho procede en una forma fuertemente jerárquica, donde la especie dominante ocupa una porción  $K$  de algún recurso limitante, con la segunda especie más dominante ocupando la misma porción  $K$  del

resto, la tercera especie tomando la porción  $K$  de lo que quedó y así hasta que todas la especie han sido acomodadas. Pocas comunidades naturales, particularmente comunidades de plantas simples en ambientes difíciles, conforman estos patrones. Generalmente sólo pocas especies en estados sucesionales tempranos o en ambientes difíciles, se ajustan a una serie geométrica; donde puede ser esperado un fenómeno de dominancia fuerte con una equitatividad baja en la repartición del recurso (Magurran, 1988).

El Modelo de la Serie geométrica se describe como:

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

Donde:

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

$n_i$  = Numero de individuos en la  $i$ -ésima especie.

$N$  = Numero total de individuos.

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

#### 4.7.2.2.1.2 Serie logarítmica (Fisher, Cobert y Williams, 1943).

El modelo de la serie logarítmica describe matemáticamente las relaciones entre el número de especies y el número de individuos en esas especies. Muchos autores, hacen distinción entre la serie geométrica y la serie logarítmica. Sin embargo, los modelos de la serie geométrica y la serie logarítmica están estrechamente relacionados (Magurran, 1988). El número pequeño de especies abundantes y la gran proporción de especies "raras" (la clase que contiene un sólo individuo es siempre la más grande) precedidas por el modelo de serie logarítmica así como la serie geométrica sugieren que, estos serán más aplicables en situaciones donde uno o pocos factores dominen la ecología de una comunidad. Cuando los tamaños de muestra son pequeños, la serie logarítmica puede aparecer como una distribución de muestreo, con la propiedad de que muestras tomadas a partir de una población distribuida en serie logarítmica, serán así mismas series logarítmicas.

El Modelo de la serie logarítmica se describe como:

#### 4.7.2.2.1.4 Distribución de la Barra rota (McArthur, 1957)

Este modelo predice la abundancia relativa de las especies en comunidades o fracciones de comunidades en las cuales las especies son comparables en tamaño y fisiología y mantienen sus tamaños poblacionales en un cierto equilibrio, de tal manera que las abundancias relativas permanecen aproximadamente constantes (Franco et al., 1989). Un caso limitante (que puede ser idealizado como una distribución perfectamente uniforme) conduce a la distribución "barra rota de McArthur", mientras que el límite opuesto (que puede ser idealizado por una serie geométrica) conduce a una distribución de serie logarítmica. Estos dos extremos corresponden respectivamente a patrones de abundancia relativa, significativamente más iguales y significativamente menos iguales, que el patrón lognormal. El modelo de barra rota, es un caso de adelanto mínimo, con recursos divididos más equitativamente (Magurran, 1988).

El modelo de la barra rota es:

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

Donde  $S(n)$  es el número de especies en la clase de abundancia con  $n$  individuos.

#### 4.7.2.3 Índices basados en la abundancia proporcional de especies

En este grupo, Peet (1974) clasifica dos grupos de índices y los denomina índices de heterogeneidad por considerar tanto la uniformidad como la riqueza de especies.

##### 4.7.2.3.1 Índices de Información estadística

El primer grupo es conocido como índices de información estadística, los cuales son sensibles a los cambios en las especies raras y se incrementan cuando descende la importancia de especies, en este grupo destaca el índice de Shannon - Weiner, el cual asume que los individuos son muestreados al azar, a partir de una población

infinitamente larga (Pielou, 1975). Además asume también que todas las especies están representadas en la muestra. El valor del índice de Shannon se encuentra usualmente entre 1.5 y 3.5 y muy raramente arriba de 4.5 (Margalef, 1972; citado por Magurran, 1988). El índice de Brillouin constituye otro de los índices de información y proporciona estimaciones inferiores debido a que describe una colección de especies conocidas. El índice de Shannon por lo contrario estima la diversidad de la parte muestreada y no muestreada .

El índice de Shannon y Weiner (1949) es:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

$$\ln = \sqrt{2.71828}$$

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

El índice de Brillouin (Pielou, 1969, 1975) esta dado por:

$$HB = (\ln N! - \sum \ln n!) / N$$

#### 4.7.2.3.2 Índices basados en la dominancia de especies

El segundo grupo lo constituyen los índices basados en la abundancia proporcional de especies, también conocidos como índices de heterogeneidad y referidos como medidas de dominancia, ya que se ponderan según la abundancia de las especies más comunes. En ésta categoría se encuentran los índices de Simpson, McIntosh y Berger Parker, entre otros.

El índice de Simpson (D) descrito por Simpson (1949) proporciona la probabilidad de que dos individuos cualesquiera extraídos al azar pertenezcan a especies diferentes. Magurran (1988) describe este índice como:

$$D = \sum p_i^2 \text{ recíproco} = 1/D$$

#### 4.7.2.2.1.4 Distribución de la Barra rota (McArthur, 1957)

Este modelo predice la abundancia relativa de las especies en comunidades o fracciones de comunidades en las cuales las especies son comparables en tamaño y fisiología y mantienen sus tamaños poblacionales en un cierto equilibrio, de tal manera que las abundancias relativas permanecen aproximadamente constantes (Franco et. al., 1989). Un caso limitante (que puede ser idealizado como una distribución perfectamente uniforme) conduce a la distribución "barra rota de McArthur", mientras que el límite opuesto (que puede ser idealizado por una serie geométrica) conduce a una distribución de serie logarítmica. Estos dos extremos corresponden respectivamente a patrones de abundancia relativa, significativamente más iguales y significativamente menos iguales, que el patrón lognormal. El modelo de barra rota, es un caso de adelanto mínimo, con recursos divididos más equitativamente (Magurran, 1988).

El modelo de la barra rota es:

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

Donde  $S(n)$  es el número de especies en la clase de abundancia con  $n$  individuos.

#### 4.7.2.3 Índices basados en la abundancia proporcional de especies

En este grupo, Peet (1974) clasifican dos grupos de índices y los denomina índices de heterogeneidad por considerar tanto la uniformidad como la riqueza de especies.

##### 4.7.2.3.1 Índices de Información estadística

El primer grupo es conocido como índices de información estadística, los cuales son sensibles a los cambios en las especies raras y se incrementan cuando descende la importancia de especies, en este grupo destaca el índice de Shannon - Weiner, el cual asume que los individuos son muestreados al azar, a partir de una población

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

El índice de McIntosh (McIntosh, 1967; Magurran 1988) dado por la ecuación

$$U = \sqrt{(\sum n_i^2)}$$

$$D = N - U/N - \sqrt{N}$$

$$E = N - U/N - N \sqrt{S}$$

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 (Berger Parker, 1970; May 1975; Magurran, 1988)

es un índice sencillo que expresa la importancia proporcional de las especies más abundantes y se describe como:

$$d = N_{\max}/N \quad \text{recíproco} = 1/d$$

Donde:  $d$  = Índice de Berger Parker

$N_{\max}$  = Abundancia máxima

N = Número total de individuos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## CAPITULO V

### DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 5.1 CARACTERIZACION FISICA

##### 5.1.1 Localización

El área de estudio donde se realizó la presente investigación se encuentra ubicada en la parte suroeste del estado de Durango, entre los kilómetros 80 y 165 de la carretera interoceánica en su tramo Durango–Mazatlán, dentro del municipio Pueblo Nuevo. El área se localiza principalmente en el lugar geográfico de la región del Salto, entre los paralelos  $23^{\circ} 05'$  -  $24^{\circ} 1'$  y los meridianos  $106^{\circ} 00'$  -  $104^{\circ} 50'$  (UNECOF, 1996; UCODEFO 6, 1997)

##### 5.1.2 Tenencia de la tierra.

En la región del Salto, se presentan tres tipos de tenencia de la tierra, lo cuales corresponden a ejidal (78%), comunal (18%) y particular (4%).

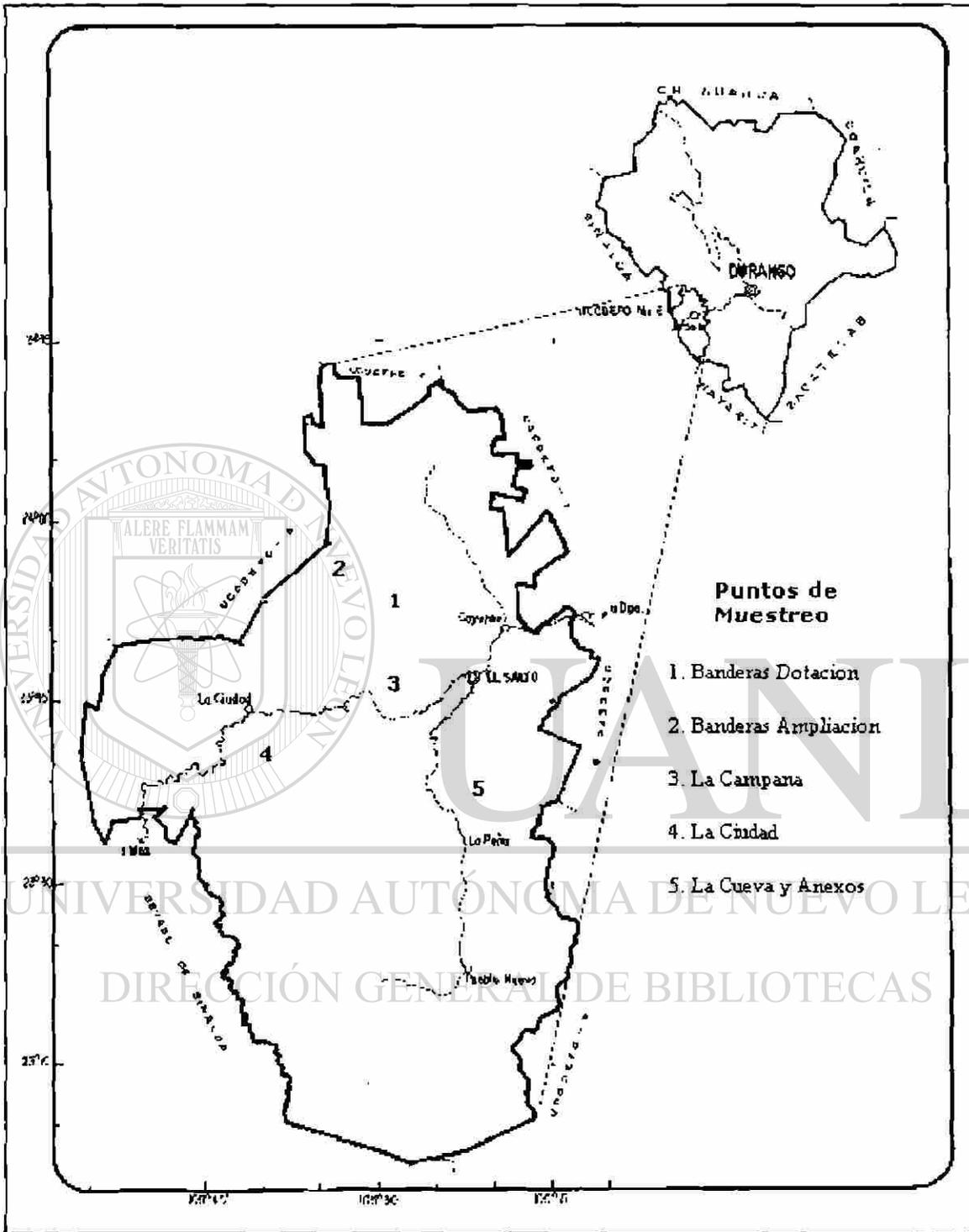


Figura 5.1 Ubicación del área de estudio en bosques de El Salto, Durango, México

### 5.1.3 Fisiografía

Los predios del área de estudio se ubican en la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, dentro de las subprovincias Gran Meseta y Cañones duranguenses y mesetas y cañones del sur.

### 5.1.4 Relieve

Según IINEGI (1981), el relieve regional esta compuesto por topofomas de sierra, cañón y mesetas.

### 5.1.5 Topografía

El área de estudio se caracteriza por presentar generalmente en su parte alta relieve característico de sierra alta y algunas mesetas alineadas de suroeste a noreste, algunos lomeríos y zonas onduladas. En la parte media, donde la altitud es más baja se presentan pendientes de moderadas a fuertes y que culminan en cañones, mismos que presentan un a gran variación de altitud y topografía generalmente escarpada

### 5.1.6 Suelos

De acuerdo con la información contenida en las cartas edafológica de escala 1:250,000 (inédita preliminar, INEGI, 1988), según la clasificación de Unidades FAO/UNESCO (1970), modificado por la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, los tipos de suelo se reportan en el Cuadro 5.1

**Cuadro 5.1 Descripción de las unidades de suelo encontradas en el área de estudio**

Unidades de Suelo	Descripción
<b>Cambisol</b>	Es un suelo joven, poco desarrollado, de cualquier clima, menos de zonas áridas, con cualquier tipo de vegetación, en el subsuelo tiene una capa de terrones que presentan un cambio con respecto al tipo de roca subyacente, con alguna acumulación de arcilla, calcio, etc. Suceptibilidad de moderada a alta a la erosión.
<b>Litosol</b>	Es un suelo de distribución muy amplia, se encuentra en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, son suelos sin desarrollo, con profundidad menor a 19 cm, tiene características muy variables, según el material que los forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta.
<b>Feozem</b>	Tiene una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, se encuentran desde zonas semiáridas hasta templadas y tropicales. En condiciones naturales tienen casi cualquier tipo de vegetación, se encuentran en terrenos desde planos hasta montañosos y la susceptibilidad a la erosión depende del tipo de terreno donde esté.
<b>Regosol</b>	Se caracteriza por no presentar capas distintas, son claros y se parecen a la roca que les dio origen, se pueden presentar en muy diferentes climas y con diversos tipos de vegetación, son de susceptibilidad variable a la erosión.

### 5.1.7 Pendiente

La pendiente del terreno es una variable muy importante a tomar en cuenta en las decisiones de segregación y/o sobre los tratamientos silvícolas a aplicar. El plano de pendientes, hace posible observar que los mayores grados de inclinación se ubican con marcada tendencia hacia el sur de la región, y que la topografía del terreno es menos abrupta hacia el norte del área de estudio.

### 5.1.8 Geología

El área de estudio esta conformado por rocas ígneas extrusivas ácidas y basaltos.

### 5.1.9 Clase textural

Predomina la textura media dentro de los primeros 30 cm de profundidad, presentan buen drenaje y aireación, existen áreas distribuidas al noroeste, en la zona de cañón, en las que se presentan suelos de textura gruesa, generalmente relacionados con los grupos de cambisol eútrico, regosol eútrico y litosol.

### 5.1.10 Ocochal (hojarasca)

La capa de ocochal u hojarasca representa potencialmente la incorporación de materia orgánica al suelo, a partir del proceso de mineralización, su grosor (5-12 cm) describe además las condiciones de fertilidad actual y un medio de sustento y protección al suelo y los recursos dependientes de él.

### 5.1.11 Materia orgánica

El grado de productividad y capacidad de sustento que tiene un sitio se ve afectado por la interacción de varios factores, entre los cuales figura la disponibilidad de materia orgánica.

### 5.1.12 Compactación

El grado de compactación está directamente relacionado con la textura del suelo, encontrándose que los suelos de textura media (limosa) son los más abundantes y más propensos a la compactación que los suelos de textura gruesa. Los suelos con bajo grado de compactación se presentan en forma de manchones distribuidos aleatoriamente en toda el área de estudio, en subrodales donde las actividades antropógenas son menores en relación con otras zonas. El mayor grado de compactación se presenta en las zonas con cierto uso pecuario y en las que predominan los suelos de textura fina. En estos lugares el tránsito de personas es más frecuente y además existe mayor concentración de ganado.

## 5.2 CARACTERIZACION CLIMATICA

### 5.2.1 Clima

La Sierra Madre Occidental es el principal factor determinante en la distribución de los climas en el estado de Durango. Esta es una barrera que detiene los vientos húmedos provenientes del océano pacífico. Por esta razón se presentan en la región de las quebradas un clima marítimo semi - tropical con temperaturas generalmente altas más o menos uniforme durante el año, con abundante precipitación pluvial y alta humedad atmosférica. A excepción de la región citada, la mayor parte de la sierra, por su altitud , tiene un clima semi - humedo templado o semi - frío, que se vuelve templado o semi - seco en el lado oriental de la sierra y en buena parte de la franja central del estado. En el Cuadro 5.2 se enlistan y describen los tipos climáticos que se encuentran en la zona de estudio.

*Cuadro 5.4 Descripción de los tipos climáticos presentes en la zona de estudio.*

Tipo climático	Descripción
(A)C(W1)	Clima semicálido subhúmedo, con lluvias en verano, con precipitación del mes más seco menor de 40 mm. y porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 (agrupa los subtipos de humedad media de los semicálidos subhúmedos).
(A)C(W2)	Clima semicálido subhúmedo, con lluvias en verano, con prosipitación del mes más seco menor de 40 mm. y porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 (agrupa los subtipos más húmedos de los semicálidos subhúmedos).
AW1(W)	Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 mm.
AW2(W)	Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm.
C(E)(W2)	Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano con un porcentaje de precipitación entre 5 y 10.2 mm.
C(W2)	Clima templado subhúmedo con lluvias en verano con un porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2 mm
C(E)(M)	Clima semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano con porcentaje de precipitación invernal mayor de 5 mm.

### 5.2.2 Precipitación y temperatura

Este sistema montañoso reporta una precipitación y temperatura media anual de 1200 mm y 11.5°C, respectivamente, presentando la variación mensual que se muestra en la Figura 5.2

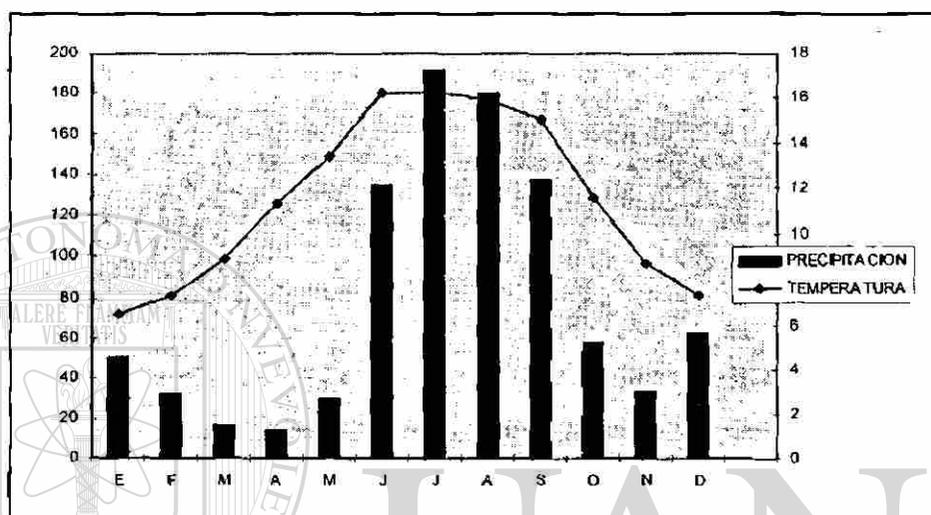


Figura 5.2 Temperatura y precipitación media mensual para la región de El Salto, Durango, México

### 5.2.3 Vientos

Los vientos dominantes en la región provienen del NW, en la temporada de febrero a mayo, esto se debe a sistemas frontales del norte con características de alta presión y fríos. Comúnmente se denominan 'nortes'. El resto del año, los vientos provienen del sur-oeste. Estos vientos poseen características de baja presión y son cálido – húmedos, generando precipitaciones importantes en la época veraniega.

### 5.2.4 Ubicación en el sistema hidrológico

La zona de interés se encuentra en las regiones hidrológicas números 10 y 11, cuenta con algunos escurrimientos superficiales pequeños con tiempos de concentración relativamente largos, que producen avenidas lentas pero constantes. El

sistema hidrológico más relevante por su magnitud e importancia económica es la quebrada del Salto, que es un afluente importante del Río Presidio, este corre de noreste a sudoeste y nace cerca de la población del mismo nombre (INEGI, 1988).

### 5.3 CARACTERIZACION BIOLOGICA

#### 5.3.1 Vegetación

A continuación se describen las características de los principales tipos de vegetación:

##### a) Bosque de pino (P)

Este tipo de vegetación esta constituido por especies arbóreas de fuste recto, de talla baja y mediana, altura de 8 a 25 m., excepcionalmente mas de 30 m., hoja acicular en fascículos, perenne, caracterizado por la dominancia del género *Pinus* y su distribución es amplia en todas las cadenas montañosas del país (INEGI, 1992). El grueso de la masa forestal de pinos mexicanos se desarrolla a altitudes entre 1,500 y 3,000 msnm, aunque también se les ha registrado en áreas de clima caliente a 150 msnm, y a niveles superiores de más de 4,000 msnm (Rzedowski, 1978). Por lo que se deduce que existe una gran variedad de condiciones climáticas asociadas a los bosques de *Pinus* en la República, donde los límites absolutos de distribución marcan tolerancia de temperatura media anual entre 6°C, así como entre clima totalmente libre de heladas y otros en que el fenómeno puede presentarse en todos los meses del año. Aunque si se restringe la caracterización climática al área de las grandes masas forestales de pino, pueden aproximarse los límites entre 10 y 20°C de temperatura media anual y entre 600 y 1,000 mm de lluvia al año, lo cual correspondería al clima tipo Cw de la clasificación de Köeppen (1948); en general son áreas afectadas por heladas todos los años y la precipitación se concentra en 6 a 7 meses. Por lo que se refiere al sustrato geológico, los pinares de México muestran gran preferencia por áreas cubiertas por rocas ígneas, tanto antiguas como recientes, produciendo suelos cuyo pH varía entre 5 y 7. El color del suelo, su textura y el contenido de nutrientes presentan

variaciones considerables de un lugar a otro; son bastantes frecuentes las tierras rojas, más o menos arcillosas, derivadas de basaltos; en cambio las andesitas producen a menudo coloraciones cafés y texturas más livianas. Los suelos negros o muy oscuros son también frecuentes sobre todo a altitudes mayores a 3,000 msnm. Es característico de estos bosques un horizonte de humus de unos 10 a 30 cm y el suelo se halla cubierto de hojas de pino. La altura del bosque es variable, en la mayor parte de los casos oscila entre 8 y 25 m., pero puede alcanzar hasta 40 m.; los troncos de pino son generalmente rectos y cuando estos árboles forman un bosque, sólo pueden persistir las ramas superiores que forman a menudo una copa más o menos hemisférica característica. El grosor de los fustes comúnmente varía entre 20 y 60 cm.; la densidad de estos bosques es también variable según la región de que se trate, composición, desarrollo de la masa arbórea etc.

Este grupo de vegetación constituye uno de los recursos naturales renovables de mayor importancia en el estado, tanto por la magnitud de su distribución como por el valor económico que representa.

#### **c) Bosque de pino - encino (Pq)**

Esta comunidad ocupa la mayor parte de la superficie forestal de los sistemas montañosos del país. Está constituida por la mezcla de diferentes especies de pino (*Pinus* spp) y encino (*Quercus* spp), ocupando muchas condiciones comprendidas dentro del área general de distribución de los pinos (INEGI, 1992).

#### **d) Bosque encino - pino (Qp)**

Este tipo de bosque está formado por la dominancia de encinos (*Quercus* spp) sobre pino (*Pinus* spp), y generalmente se desarrolla en las áreas de mayor explotación forestal, en los límites inferiores de los bosques de pino-encino (INEGI, 1992). En el se puede observar el área que ocupa cada tipo de vegetación, el área que no sustenta vegetación forestal (TA) como son los terrenos agrícolas, frutícolas, asentamientos

humanos, etc, y el porcentaje que representa cada uno con respecto al total del área del predio en estudio.

#### e) Bosque de encino (Q)

Bosque formado por individuos del género *Quercus* (encino, roble) en muy diferentes condiciones ecológicas, que abarcan desde cerca del nivel del mar hasta los 2800 m.

#### f) Selva baja caducifolia

Selva que puede alcanzar los 15 m o más desarrollándose en climas cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos donde la mayoría (75 – 100%) de los individuos que la forman tiran las hojas en la época seca que es muy prolongada (6 – 8 meses); los árboles dominantes son por lo general inermes. Se distribuye ampliamente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje, en muchas partes del país puede estar en contacto con selvas medianas, bosques y matorrales de zonas semiáridas. Son comunes las comunidades de *Bursera* spp, *Lysiloma* spp (tepeguaje), *Jacarantia mexicana* (bonete), *Ipomea* spp (cazahuate), *Pseudobombax palmeri* (amapola), *Erithrina* spp (colorín), *Ceiba* spp (pochote) y *Cordia* spp (Cueramo).

#### f) Pastizal inducido

Es el que surge espontáneamente al ser eliminada la vegetación original. Puede ser consecuencia de un desmonte, del abandono de un área agrícola de un sobrepastoreo o de un incendio.

#### 5.3.1.1 Especies de importancia económica

Se consideran especies de importancia económica a las especies vegetales de las que el hombre depende para satisfacer sus diversas necesidades como son su

desarrollo biológico, científico, cultural y consecuentemente económico. En este caso, las especies de importancia económica se han clasificado en dos categorías: maderables y no maderables.

#### 5.3.1.1.1 Maderables

Las especies de mayor valor comercial, tanto por las características tecnológicas de su madera como por su rango de distribución son las de pino. Las principales especies en orden de importancia, de acuerdo con su volumen de aprovechamiento son: *P. cooperi* Blanco, *P. leiophylla* Schl et Cham, *P. engelmannii* Carr, *P. durangensis* Martínez, *P. cooperi* var Ornelasi, *P. teocote* et Cham, *P. herrerae* y otras especies de menor valor comercial, distribución y abundancia con son *P. ayacahuite* Ehrenb, *P. lumholzi*, *P. douglasiana*, *P. michoacana* y *P. maximinoi*, además se aprovechan algunas especies de encino (*Quercus*), mismo que ha recobrado importancia económica y es utilizado para elaborar partes para empaque, molduras, estructuras para construcción, etc. Existen en los predios algunas especies de *Arbutus*, *Juniperus*, *Pseudotsuga* cuya importancia económica es menor ya que se usan con fines domésticos, para leña y construcciones rústicas de casas y corrales.

#### 5.3.1.1.2 No maderables

De acuerdo con la clasificación antropocéntrica de la plantas propuestas por Martínez (1990), se encontró que en los bosques de la región, existen plantas silvestres que se utilizan como comestibles, medicinales, ornamentales, y forrajeras, además de las maderables, tratadas en el punto anterior.

Para la preparación de los alimentos se necesita de un producto energético que tenga las características de realizar buena combustión. En los predios se utilizan diferentes especies del género *Quercus* para leña, además del madroño (*Arbutus spp*).

Para alimentar al ganado mediante pastoreo libre se utilizan las especies forrajeras que se encuentran en el área entre las que se cuentan el triguillo (*Piptochaetium fimbriatum*, *Agropyron repens*), Bromo (*Bromus sp*, *Fetusca sp.*), Pelillo (*Muhlenbergia pulcherrima*) y *Panicum bulbosum*.

Otro de los recursos no maderables con los que se cuenta son los hongos comestibles, que en la época lluviosa del año, ayudan al complemento alimenticio de la comunidad, entre los que podemos mencionar *Amanita caesarea*, *Tricholoma magnivelare*, *Boletus edulis*, etc.

Cuadro 5.3 Superficies de tipos de vegetación presentes en el área de estudio

Predio	Sup. Total (has)	1	2	3	4	5	6	7	8
Ejido La Ciudad	11869.00		9963.00	1916.00					
Ejido La Cueva y Anexos	3292.75			3130.00	122.00	40.75			
Ejido La Campana	5985.00		2419.00	1271.00	994.00	82.00	778.00		451.00
Ejido Banderas del Aguila	11247.25	4187.00		4683.00	1384.00				993.25

Donde: 1 = Pastizal inducido 2 = Bosque de pino 3 = Bosque de pino - encino

4 = Bosque de encino pino 5 = Bosque de encino 6 = Selva baja caducifolia

7 = Selva mediana 8 = Agricultura de Temporal

### 5.3.2 Fauna

La fauna silvestre es un recurso que tiene impactos positivos o negativos con los tratamientos silvícolas, se ha observado que la riqueza de especies en el área es alta en predios cercados con aprovechamiento periódico y regular y baja en predios no cercados con aprovechamiento persistente anual moderado y nulo (Aguilar et al, 1990).

### 5.3.2.1 Especies en el área de estudio

En la región del Salto se tienen registradas 170 especies de fauna silvestre, 38 son mamíferos, 118 aves, 9 reptiles y 5 anfibios

En el bosque de pino-encino, se encuentran los siguientes mamíferos: zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), venado (*Odocoileus virginianus*), ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), coyote (*Canis latrans*), tejón solitario (*Bassariscus astutus*), ardilla pedrera (*Spermophilus variegatus*), zorrillo (*Conepatus mesoleucus*), chichimoco (*Eutamias dorsalis*), león (*Felis concolor*), gato montes (*Linx rufus*), ratón (*Mirotus mexicanus*), tuza (*Neotoma sp.*). De las aves, se observaron en este bosque, hurraca (*Aphelcoma ultramarina*), Buho (*Bubo virginianus*), cuervo (*Corvus corax*), aura (*Cathartes aura*), carpintero (*Dendrocopos scalaris*), gavilán (*Falco sperverius*), chivo (*Cyanocitta stelleri*), guajolote (*Meleagris gallopavo*). De los reptiles víbora de cascabel (*Crotalus viridis*), camaleón (*Phrynosoma douglassi*), culebra (*Tamnophis proximus*) y de los anfibios rana (*Rana pipiens*), zapo (*Bufo microscapus*)

En las zonas cercanas a las cañadas se observó venado (*Odocoileus virginianus*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), tejón solitario (*Bassariscus astutus*), ardilla pedrera (*Spermophilus variegatus*), ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), la zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), coyote (*Canis latrans*), zorrillo (*Conepatus mesoleucus*), chichimoco (*Eutamias dorsalis*), león (*Felis concolor*), gato montes (*Linx rufus*), ratón (*Mirotus mexicanus*), (*Neotoma sp.*), armadillo (*Dasipus novencintus*), gato montes (*Lynx rufus*), tuza (*Neotoma sp.*). De las aves, se observaron en este bosque, hurraca (*Aphelcoma ultramarina*), Buho (*Bubo virginianus*) cuervo (*Corvus corax*), aura (*Cathartes aura*), chivo (*Cyanocitta stelleri*), carpintero (*Dendrocopos scalaris*), gavilán (*Falco sperverius*), guajolote (*Meleagris gallopavo*), tildio (*Charadrius vociferus*), colibrí (*Hilocharis leucotis*), guacamaya (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*). De los reptiles víbora de cascabel (*Crotalus viridis*), camaleón (*Phrynosoma douglassi*), culebra (*Tamnophis proximus*) y de los anfibios rana (*Rana pipiens*), zapo (*Bufo microscapus*).

#### 5.4 BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, O. F. 1979. Aves en peligro de extinción en México. Un llamado dramático a la investigación para la sobrevivencia. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa Ver. México. 13 p.
- Anónimo. Ley Federal de caza. Dirección General de Fauna Silvestre. SARH. 10 p.
- García, M. E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editado por la autora. México, D.F. 252 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1984. Carta Geológica de la región El Salto, Durango, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1988. Cartas Topográficas, hidrológica y edafológica escalas 1:50,000 y 1:250,000 El Salto F13-A18 SPP. México, D.F.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1992. Tipos de vegetación de México.
- Martínez, A. M.A. 1990. La utilización de las plantas en diversas sociedades. Serie contribuciones Latinoamericanas al mundo. Biblioteca Iberoamericana. REI-México. México. 128 p.
- UNECOF El Salto, Dgo. 1996. Proyecto de elaboración del Programa de Manejo Forestal Maderable Persistente 1997-2007. El Salto, Dgo. Inédito. 40 p.
- UCODEFO 6 El Salto, Dgo. 1997. Memoria general del Programa de Manejo Forestal para la Áreas de Corta 1997 – 2007. El Salto, Dgo. 86p. + anexos.

## CAPITULO VI

### ESQUEMAS GENERALES DE MUESTREO PARA ESTIMAR VOLUMEN EN INVENTARIOS FORESTALES EN LA REGION DE EL SALTO PUEBLO NUEVO DURANGO

José de Jesús Graciano L<sup>1</sup> José Nívar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Ciencias Forestales, <sup>2</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).

#### 6.1 RESUMEN

El objetivo de éste trabajo fue comparar tres esquemas de muestreo con diferentes dimensiones para definir metodologías de inventario que permitan obtener información confiable del volumen del bosque. La fuente de datos utilizada incluye información dasométrica de 62 parcelas de investigación de bosques de pino - encino en la región SW del estado de Durango. Los métodos de muestreo que se analizaron fueron: sitios circulares con dimensiones de 0.01 - 0.1 has en intervalos de 0.01 has; el método por cuadrantes con dimensiones desde 2.5 x 2.5 mts hasta 32.5 x 32.5 m, en intervalos de 2.5 m de lado y el método del árbol vecino del 2 hasta el 30 árbol más cercano. Para disminuir la variación por ser rodales con características dasométricas y ecológicas heterogéneas, el análisis de la información se realizó para los árboles: (i) de todas las especies presentes; (ii) coníferas; (iii) latifoliadas y (iv) grupos de rodales clasificados con estadísticas multivariadas. El número de sitios se estimó a partir de diez muestras seleccionadas al azar dentro de cada sitio muestreado. Los resultados mostraron que para el método de muestreo de sitios circulares de dimensiones fijas, con dimensiones de 1200 m<sup>2</sup> podría proveer estimaciones de volumen con un 10% de

error en la precisión. Los sitios cuadrados requieren de 1450 m<sup>2</sup> de superficie muestreada para proveer estas estimaciones. El método de los árboles vecinos requiere de una menor superficie aunque consistentemente resultaron estar sesgados para varias de las categorías analizadas. Por esta razón, se recomiendan los sitios circulares con dimensiones fijas de 1200 m<sup>2</sup> para inventariar los rodales mixtos e irregulares de Durango, México.

**PALABRAS CLAVE:** Muestreo, volumen, dimensiones, circulares, cuadrados, vecinos, El Salto.

## 6.2 ABSTRACT

the objective of this work was to compare three sampling schemes of different dimensions to define forest inventory methodologies which allow to obtain reliable information on the volume of a forest. The source of data used included the dasometric information of 62 research plots situated in the pine – oak forests of the SW region of Durango. The sampling schemes analyzed were circular sites with dimensions of 0.01 to 0.1 ha divided intervals of 0.01 ha, quadrats with dimensions from 2.5 x 2.5 m to 32.5 x 32.5 m intervals from 2.5 m and the tree neighbor from 2 to 30. To reduce variation because these forests are mixed and unevenaged, the analysis of this information was conducted for trees: (i) all present species, (ii) only coniferals; (iii) broadleaf, and (iv) groups of stand classified using multivariate statistics. The number of sites was estimated using the variance of ten samples randomly chosen inside each research plot. The results showed that circular sampling sites with fixed dimensions of 1200 m<sup>2</sup> were sufficient to provide reliable volume estimates with a 10% of error. Quadrats require sampling units of 1450 m<sup>2</sup> to provide similar estimates. The nearest neighbor inventory scheme was biased although it required the least sampling area to attain the same precision. Therefore circular sampling plots with 1200 m<sup>2</sup> of size are recommended to precisely inventory volume of forest stand which are unevenaged and mixed in nature in Durango, México.

**KEY WORDS:** Sampling, volume, dimensions, circular, quadrants, nearest neighbor, El Salto.

### 6.3 INTRODUCCION

La preocupación actual de la humanidad, hacia un manejo sustentable de los recursos naturales, radica en dos sentidos; el primero dirigido a la conservación y protección, atendiendo los diferentes disturbios de los bosques, como lo es, la contaminación atmosférica, el cambio climático, la pérdida de la diversidad biológica, los incendios forestales, la desertificación y la deforestación; el segundo en la necesidad de responder a los requerimientos, constantemente crecientes, de productos de madera y otros productos del bosque. Ambos aspectos traen como consecuencia una demanda creciente de información cuantitativa, precisa y diversificada de los árboles y bosques. Estos requerimientos se expresan en la cuantificación de las potencialidades físicas y biológicas de las zonas forestales (Clement, 1985). Los inventarios forestales y los sistemas estadísticos son el fundamento para la adopción de políticas idóneas en apoyo de la ordenación forestal sostenible (FAO, 1999).

El inventario forestal constituye el procedimiento básico para obtener información sobre volúmenes, calidad de árboles, calidad de sitio, composición, y en general una gran cantidad de variables que pueden ser consideradas para conocer y evaluar las potencialidades de un bosque. Feese (1969) menciona que el tamaño y forma de las unidades de muestreo puede afectar notablemente el costo del inventario, su precisión, o ambos.

En general, se han adoptado técnicas de muestreo para inventarios forestales; en donde la superficie de las unidades de muestreo no cambia, llamados sitios de dimensiones fijas, pudiendo ser de forma rectangular, cuadrada o circular, que es la forma comúnmente utilizada; y los sitios de dimensiones variables. Dentro de los segundos se encuentran los métodos de las distancias de árbol a árbol, en donde la superficie de las unidades de muestreo cambia. Este último fue propuesto por Stoffels (1955), perfeccionado por Prodan (1968) y es recomendado para rodales homogéneos citados por (Ruiz, 1982).

En trabajos que se han llevado a cabo en México desde 1961 para efectuar el inventario forestal a nivel nacional, se ha adoptado el muestreo de 0.1 hectáreas en sitios circulares para las masas forestales de zonas templadas y frías, trazados mediante un radio de 17.84 m (Hernández, 1992). En los 1960's, Rodríguez (1963) propone éste método para la evaluación de los recursos forestales. Este método se basa en tres sitios concéntricos; uno de 0.1 has. para determinar las existencias en pie aptas para el aserrío y dos sitios más pequeños para la cuantificación del renuevo y la vegetación herbácea.

Las experiencias existentes en México para comparar tamaño y formas de sitio son limitadas y todas ellas son de naturaleza práctica con el objeto de reducir costos y tiempo, pero en pocos casos se ha hecho una comparación estadística de la eficiencia de diferentes esquemas de muestreo (Aguirre, 1995). En la actualidad en el mundo existen varios diseños de muestreo enfocados a inventarios forestales, por ésta razón urge la necesidad de analizar, experimentar y validar nuevas técnicas que puedan implementarse para evaluar y conocer la dinámica de nuestros bosques, con el objeto de optimizar recursos y obtener resultados confiables del inventario forestal y asegurar de éste modo la decisión que cumpla con los requerimientos básicos de manejo y conservación de los bosques.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 6.4 MATERIALES Y METODOS

#### 6.4.1 Descripción del área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el SW del estado de Durango sobre la Sierra Madre Occidental, entre los paralelos 23° 05' - 24° 12' y los meridianos 106° 00' - 104° 50' en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. El municipio de Pueblo Nuevo se localiza al sudeste del estado de Durango, México, en el macizo principal de la Sierra Madre Occidental. La actividad forestal es la de mayor importancia en sus distintas fases: abastecimiento, transformación, administración, comercialización y

distribución. Las actividades agrícola y ganadera son actividades secundarias, siendo éstas de economía local y de baja escala. En la zona de bosques de coníferas y latifoliadas predomina el clima templado húmedo, con temperatura media del mes mas frío de 3°C a 18°C y la del mes más cálido de 6.5°C a 22°C. El clima característico de los cañones y valles estrechos es el cálido húmedo con temperaturas del mes más frío de 18°C. El relieve y la pendiente es de ondulado y plano en un 75% y escarpado y accidentado en un 25%. Respecto a la pendiente; el 70% de la superficie tiene una variación del 1 al 45%, el 30% restante va desde 46 a 50% de pendiente. La altura sobre el nivel del mar oscila entre los 1,600 y los 2,750 metros sobre el nivel del mar. La región posee ríos que fluyen al océano Pacífico en un 99.5% de acuerdo a los criterios del plan nacional hidrológico, localizándose al norte la parte alta de la cuenca del río Presidio, en la parte oriental está situada la cuenca del río Acaponeta. El drenaje de la porción central y poniente lo forman los arroyos que nacen en La Ciudad, Los Bancos, Pueblo Nuevo, Sotolitos, y Chavarría Nuevo para abastecer la cuenca del río Baluarte. En el extremo norte está ubicada una porción de la región hidrológica número 10, cuyos escurrimientos se canalizan a la quebrada de Tambores, uno de los afluentes del río Piaxtla, el cual también vierte sus aguas en el océano Pacífico. El material rocoso proviene de rocas ígneas extrusivas ácidas en su mayor proporción y en menor escala riolitas. Existe también un área muy reducida de basalto, los suelos utilizados en la agricultura se catalogan como residuales y aluviales. Por su ubicación geográfica, la región del salto presenta diversas condiciones de vegetación que va desde selva baja caducifolia, bosques de pino, masas puras de encino y bosques mezclados de éstos dos géneros. Por su amplia distribución en la región de la Sierra Madre Occidental, el género *Pinus* representa un alto valor comercial debido a sus propiedades físico - mecánicas y porque existe la tecnología para trabajarlo. Sin embargo, en la actualidad se está aprovechando algunas especies del género (*Quercus spp*). Las especies de pino de mayor importancia por su volumen de aprovechamiento destacan: *P. cooperii* Blanco, *P. durangensis* Martínez, *P. leiophylla* Scoll et Cham, *P. engelmannii* Carr, *P. cooperi* var *ornelasi*, *P. teocote* et Cham, *P. herrerae* Martínez. Otras especies de menor distribución y abundancia son: *P. ayacahuite* Ehreneb, *P. lumholtzii* Rob et Fern, *P. douglasiana* Martínez, *P. michoacana cornuta* Martínez y *P. oocarpa* Shiede . Además

en los bosques de la región, éstas especies están asociadas a otros géneros como: *Arbutos*, *Juniperus*, *Pseudotsuga*, *Abies*, *Picea* y otros de latifoliadas.

## 6.4.2 Métodos

### 6.4.2.1 Información dasométrica del área de estudio

En éste trabajo se utilizó información dasométrica de 62 rodales tipo representativos de las condiciones productivas de la región del Salto Durango (UCODEFO 6, 1998). Las variables que se seleccionaron para esta investigación son de tipo dasométrico, las cuales fueron: especie (Sp), diámetro normal (D), altura total (H), radio al árbol centro (Dist) y azimut (Az). Los rodales medidos presentan las siguientes características dasométricas:

Cuadro 6.1 Características dasométricas de rodales mixtos e irregulares de Durango México

	MIXTOS	PINOS	OTRAS CONIFERAS	ENCINO	OTRAS HOJOSAS
VOLUMEN (M <sup>3</sup> HA <sup>-1</sup> )	322.68	214.58	11.45	93.91	12.77
NUMERO DE ARBOLES (HA <sup>-1</sup> )	1095	785	82	197	76
AREA BASAL (M <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	38.87	29.17	1.88	7.43	1.51

La distribución de las características dasométricas de los rodales seleccionados son completamente irregulares (figura 6.1) con el propósito de tener una mayor representatividad de los bosques templados de Durango México

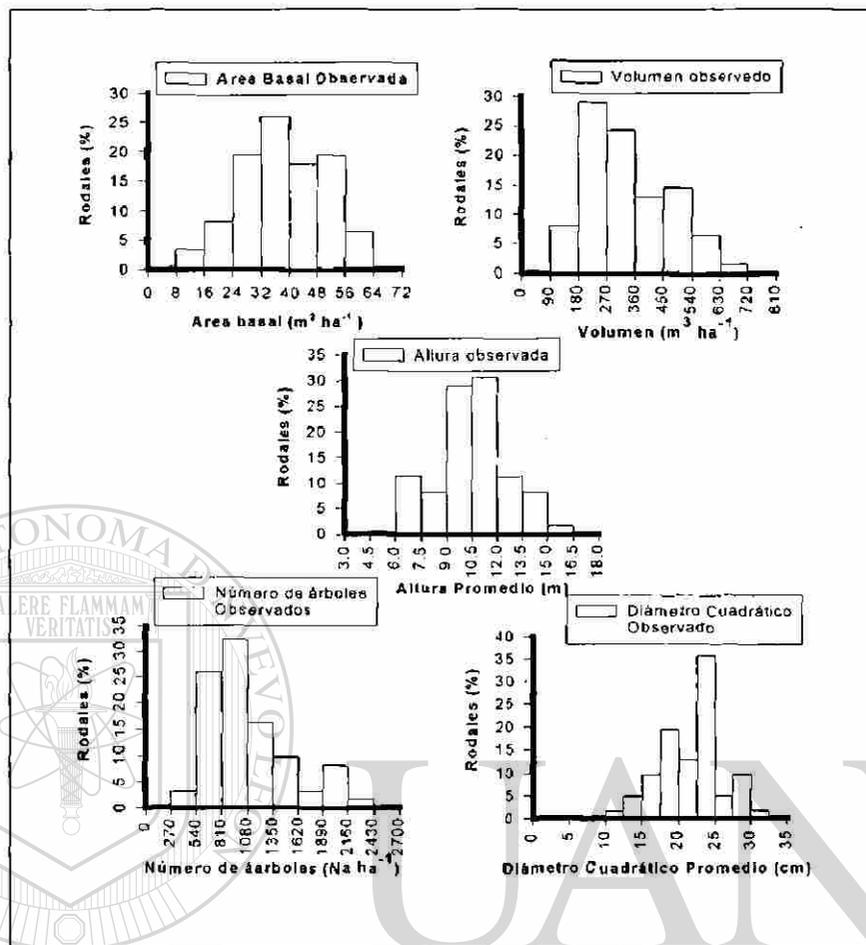


Figura 6.1 Distribución de características dasométricas de rodales de bosques mixtos e irregulares de Durango, México.

La mayor parte de los rodales seleccionados tienen área basal de 32-40 m<sup>2</sup>, volúmenes que van desde los 180 m<sup>3</sup> hasta 270 m<sup>3</sup>, altura de 10.5 a 12.5 m, son rodales muy densos (1080 árboles por hectárea) con diámetro promedio de 25 centímetros. Estos indicadores dasométricos permiten analizar que los rodales son bosques jóvenes, los cuales no han sido fuertemente afectados por las operaciones de manejo.

#### 6.4.2.2 Análisis de la Información

Los programas utilizados, fueron subprogramas de computo del programa SAS (Statistical Analysis System), elaborados por Návar (1999; 2000). Se ordenó la base de

datos por especie, para estimar el volumen individual por especie y por rodal en función del diámetro y la altura. Contreras y Návar (1999) sugieren el uso de la ecuación de Shumacher y Hall de 8 probadas para estimar el volumen de las principales especies de Pino en la Sierra Madre Occidental. A cada una de las especies se les aplicó la ecuación correspondiente.

**Cuadro 6.2 Ecuaciones para estimar volumen rollo total árbol de Shumacher y Hall (Contreras y Návar, 1999) para diferentes especies de pinos y hojosas de la Sierra Madre Occidental**

Numero de especie	Nombre de la especie	Ecuación de Volumen
-------------------	----------------------	---------------------

01	P. coóperi	$V = 0.00004010 * (DN)^{1.9515} * (H)^{0.9786}$
----	------------	---

02	P. durangensis	$V = 0.00001771 * (DN)^{2.1441} * (H)^{1.0383}$
----	----------------	---

03	P. engelmannii	$V = 0.00006498 * (DN)^{1.8561} * (H)^{0.9701}$
----	----------------	---

04	P. leiophylla	$V = 0.00006815 * (DN)^{1.8346} * (H)^{0.9319}$
----	---------------	---

05	P. herreraei	$V = 0.00011154 * (DN)^{1.7266} * (H)^{0.9818}$
----	--------------	---

06	P. teocote	$V = 0.00035377 * (DN)^{1.4896} * (H)^{0.8052}$
----	------------	---

7-13	Otros Pinos	$V = 0.00024698 * (DN)^{1.6254} * (H)^{0.8550}$
------	-------------	---

19<Sp<=29	Otras coníferas	$V = 0.00024698 * (DN)^{1.6254} * (H)^{0.8550}$
-----------	-----------------	---

> 29	Quercus y otras	$V = 0.00024732 * (DN)^{1.6169} * (H)^{1.0941}$
------	-----------------	---

	Hojosas	
--	---------	--

### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para los diferentes análisis estadísticos para los diferentes métodos de muestreo, se planteó la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que el volumen promedio por hectárea (vol prom/ha) en las diferentes dimensiones y formas de sitio y esquemas de muestreo es igual al volumen promedio por hectárea (vol prom/ha) de los sitios circulares de 0.1 ha del rodal correspondiente. Debido a la heterogeneidad de los rodales, los análisis se realizaron en diferentes categorías, con el propósito de disminuir la variación entre los datos. Estas categorías fueron clasificadas como:

- Con todas las especies presentes
- Incluyendo solo coníferas

- c).- Incluyendo solo latifoliadas
- d).- Grupos de rodales clasificados con componentes principales.
- d1).- Todas las especies presentes de cada sitio de cada grupo.
- d2).- Coníferas de cada rodal de cada grupo
- d3).- Latifoliadas de cada sitio de cada grupo

Se probaron esquemas de sitios con dimensiones fijas y variables. Las formas de sitios para dimensiones fijas incluyeron sitios circulares y rectangulares. Para sitios de dimensiones variables se utilizó la metodología del árbol vecino al árbol centro.

### 6.3.2.3 Esquema de muestreo para sitios circulares

En el análisis de sitios circulares, se utilizaron diferentes tamaños de parcela de 0.01 hasta 0.1 ha, en intervalos de 0.01 ha, para cada tamaño de sitio y por rodal. La ecuación que se utilizó para el cálculo del volumen por hectárea está dada por.

$$V/ha = (\Sigma \text{vol. indiv/rodal}) * (10000/\text{Sup})$$

Donde:

$$V/ha = \text{Volumen por hectárea (m}^3/\text{ha}^{-1}\text{)}$$

$$\Sigma \text{vol indi/rodal} = \text{Sumatoria de los volúmenes de los árboles por rodal (m}^3\text{)}$$

$$\text{Sup} = \text{Superficie considerada de los sitios (m}^2\text{)}$$

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En el Cuadro 6.3 se muestran las dimensiones y radios de sitios circulares que se analizaron en este trabajo, así como el factor para convertir el volumen total individual o por sitio en volumen por hectárea, el cual resulta de la relación de 10000 (superficie de un hectárea) y la dimensión del sitio.

Cuadro 6.3 Dimensiones de unidades de muestreo analizados en sitios circulares y factores para convertir el volumen ( $m^3$ ) a volumen por hectárea ( $m^3 ha^{-1}$ )

Tamaño( $m^2$ )	Radio (m)	Factor	Tamaño ( $m^2$ )	Radio (m)	Factor
100	5.64	100.00	50	3.99	200
200	7.98	50.00	150	6.91	66.66
300	9.77	33.30	250	8.92	40.00
400	11.28	25.00	350	10.55	28.27
500	12.62	20.00	450	11.97	22.22
600	13.82	16.60	550	13.23	18.18
700	14.93	14.30	650	14.38	15.38
800	15.96	12.50	750	15.45	13.33
900	16.93	11.10			
1000	17.84	10.00			

El tamaño y forma de los sitios circulares se trabajó con los datos de radio y azimut. A los volúmenes promedio por hectárea ( vol prom/ha ) por rodal, se les estimó los volúmenes promedio (vol prom/ha), desviación estándar (Desvest) e intervalos de confianza y se obtuvo el promedio de dichos estadísticos para los 62 rodales analizados según las dimensiones del sitio (Cuadro 6.3) Se graficaron éstos promedios, tomando como referencia el vol prom/ha del sitio de  $1000m^2$  y sus intervalos de confianza, por ser el patrón de ésta información y por lo tanto el volumen más cerca de la realidad, esto con el propósito de conocer la superficie mínima, óptima y máxima que se puede utilizar para inventarios forestales.

#### 6.3.2.4 Esquema de muestreo por cuadrantes

Para el método de cuadrantes, se obtuvieron las coordenadas de cada uno de los árboles con el propósito de conocer su ubicación y distancia con respecto al árbol centro como se muestra en la Figura 6.2.

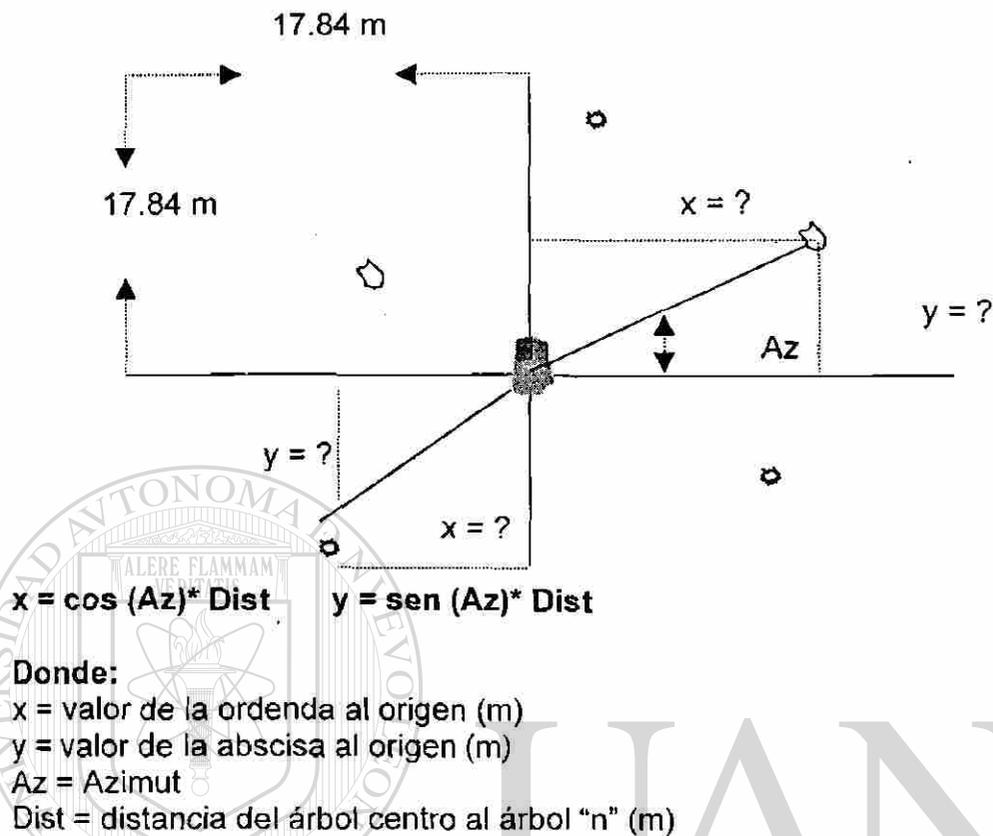


Figura 6.2 Coordenadas  $x$ ,  $y$  para cada árbol analizado en base a los datos medidos de azimut y radio de rodales mixtos e irregulares de Durango, México

Con las coordenadas individuales se simularon parcelas cuadradas desde  $5 \text{ m}^2$  hasta  $1056 \text{ m}^2$  en intervalos de  $2.5 \text{ m}$  de lado (Cuadro 6.4), definidas a través de los radios correspondientes de los diferentes tamaños de parcela con respecto al árbol centro y eliminando los individuos que no entraban en las diferentes unidades de muestreo. Se obtuvieron, al igual que el método anterior, los volúmenes por hectárea para las diferentes dimensiones de los cuadrantes y para cada uno de los rodales con la fórmula de vol/ha descrita anteriormente. Se estimaron los estadísticos siguientes: Vol prom/ha, la desviación estándar y los intervalos de confianza para las diferentes superficies de cuadrantes menores a  $1056 \text{ m}^2$ . Se relacionó el vol prom/ha de los cuadrantes y el vol prom/ha del sitio de  $1/10$  de hectárea para definir la superficie mínima, óptima y máxima para inventariar volumen mediante el método de cuadrantes.

Cuadro 6.4 Dimensiones, radios y superficies de sitios por cuadrantes y factores para convertir a vol ha<sup>-1</sup>

Lados (m)	Superficie(m <sup>2</sup> )	Factor
32.5	1056.25	9.46
30.0	900.00	11.11
27.5	756.25	13.22
25.0	625.00	16.00
22.5	506.25	19.75
20.0	400.00	25.00
17.5	306.25	32.65
15.0	225.00	44.44
12.5	156.25	64.00
10.0	100.00	100.00
7.5	56.25	177.77
5.0	25.00	400.00
2.5	6.25	1600.0

### 6.3.2.5 Método del árbol vecino

Para el método del árbol cercano, al igual que los dos esquemas anteriores, se seleccionó el árbol centro como árbol 1, luego se obtuvieron los volúmenes por hectárea acumulativos para el 2, 3, 4,....., hasta el 30 árbol más cercano, para cada uno de los rodales tipo. El volumen se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Vol (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)} = \text{Vol (1)} + \text{Vol (2)} + \text{Vol (3)} + \text{Vol (n)} + 1/2 \text{ vol (n+1)} * (10000 / \text{Sup})$$

Donde:

Vol = volumen hasta el "n" árbol más cercano (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)

Vol (1) = volumen del árbol centro (m<sup>3</sup>)

Vol (2), Vol (3) = segundo y tercer árbol cercano (m<sup>3</sup>)

Sup = Superficie del sitio (m<sup>2</sup>)

Se estimó el volumen promedio por hectárea, para todos los árboles cercanos., 2, 3, 4, ..., 30 de los 62 rodales analizados. Se determinó la superficie del árbol 1 (árbol centro) al árbol más cercano para cada rodal, luego se obtuvo el promedio aritmético de esas superficies para todos los rodales. Se calculó el volumen promedio, la desviación estándar y los intervalos de confianza del árbol cercano al 2, hasta 30 árbol más cercano, dichos promedios se compararon con el volumen promedio del sitio circular de 1000 m<sup>2</sup>, relacionando los vecinos más próximos y el volumen de cada uno de ellos.

### 6.3.2.6 Análisis específicos

#### 6.3.2.6.1 Análisis de Grupos de rodales clasificados

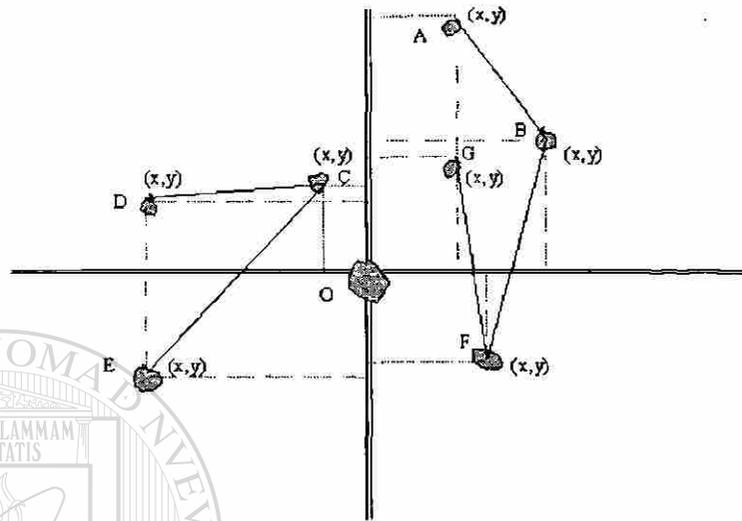
Para disminuir la varianza entre sitios, se repitió éste mismo procedimiento para los diferentes esquemas de muestreo analizados; primero para todas las especies presentes, después para las coníferas y luego para las latifoliadas.

En la clasificación de rodales se utilizó la herramienta de análisis multivariado denominado componentes principales, para esto se incluyeron las variables de volumen por hectárea, área basal por hectárea y densidad. A cada uno de los grupos se les aplicó los procedimientos de los tres esquemas de muestreos analizados en éste trabajo que corresponden a las categorías de rodales mixtos, rodales de coníferas y rodales de latifoliadas.

#### 6.3.2.6.2 Análisis para Sitios individuales

Se trabajó con sitios individuales, utilizando a otros árboles del mismo rodal como centro, para esto, fue necesario conocer la distancia entre árbol y árbol, no solo la de los árboles con respecto al centro original, sino la distancia del árbol "n" a cualquier otro árbol. Las coordenadas de cada árbol sirvieron para obtener las distancias entre árboles, mediante el teorema de Pitágoras (Návar, 1999) como se muestra en la Figura

6.3 para éste análisis, se seleccionaron los primeros 10 árboles cercanos al centro original por rodal, para utilizarlos como centro para sitios individuales.



$$AB = \sqrt{(Bx-Ax)^2 + (Ay-By)^2}$$

$$AF = \sqrt{(Bx-Fx)^2 + (Fy-By)^2}$$

$$DC = \sqrt{(Dx-Cx)^2 + (Cy-Dy)^2}$$

Donde:

AB, BF y DC = Distancias entre árboles

Ax, Bx, C, x, y Dx = Coordenada "X" para los árboles A, B, C y D

Ay, By, Cy y Dy = Coordenada "Y" para los árboles A, B, C, y D

Figura 6.3 Esquema para obtener las distancias de un árbol "n" a cualquier árbol en bosques mixtos e irregulares de Durango, México

Los 3 métodos fueron analizados en ésta categoría, para sitios circulares, se utilizaron dimensiones de 50, 100, 150.,..., 800 m<sup>2</sup>, para el método de los árboles vecinos y el método de cuadrantes se realizó la misma metodología que en las

categorías anteriores, realizando el procedimiento para los primeros 10 árboles centro de cada rodal.

Para éstos dos casos, se planteó el siguiente juego de hipótesis nulas:

a).- Para sitios circulares

El volumen del sitio circular "n" con "n" dimensiones para el rodal "n" es estadístico igual al volumen de un sitio circular de 0.1 has. del rodal "n".

b).- Para el método de cuadrantes

El volumen del sitio cuadrado "n" con "n" dimensiones para el rodal "n" es estadísticamente igual al volumen de un sitio circular de 0.1 has. del rodal "n".

c).- Para el método de los árboles vecinos

El volumen del sitio "n", para el árbol "n" cercano al árbol centro del rodal "n" es estadísticamente igual al volumen de un sitio circular de 0.1 ha del rodal "n".

En ésta categoría de sitios individuales, el volumen promedio de sitio de 1000 m<sup>2</sup> es estadísticamente igual al volumen promedio de cada uno de los rodales para diferentes dimensiones y árboles cercanos al centro. Para el método de sitios circulares de diferentes dimensiones, se determinó el tamaño máximo de sitios que puede entrar en sitio de 1000 m<sup>2</sup>, es decir, que los árboles de los sitios tomados como centro no se encuentran fuera del radio de 17.84, ya que no se cuenta con información de tales árboles. Se obtuvo el volumen promedio de sitios circulares, mediante la simulación de parcelas de diferente dimensión, tomando como centro el primer árbol vecino, luego el tercero y hasta el 10 árbol cercano. Para sitios circulares, las parcelas simuladas correspondieron a dimensiones fijas de (50, 100, 150, ..., 800 m<sup>2</sup>). Se obtuvieron las desviaciones estándar, intervalos de confianza y porcentajes de error por tamaño de sitio y por rodal. En base al intervalo de confianza, se analizó el volumen promedio de los rodales para las diferentes dimensiones y el volumen promedio de sitios circulares

de 1000 m<sup>2</sup> de cada rodal tipo. Se contaron las hipótesis nulas y se relacionaron con los diferentes tamaños de sitio (50, 100, 150,....., 800 m<sup>2</sup>), mediante modelos de regresión se determinó el tamaño de sitio apropiado para diferentes porcentajes de error.

Para el método de cuadrantes se siguió el mismo procedimiento que el método anterior, para tamaños de sitio de 2.5, 5, 7.5...,27.5 m de lado. El establecimiento de los 10 árboles centro y la simulación de sitios cuadrados se realizó mediante las coordenadas de los árboles de cada rodal , en función del árbol centro original.

Para árboles cercanos, se determinó el volumen acumulativo hasta los primeros 30 árboles más cercanos, para diez sitios por rodal con los 10 árboles cercanos del sitio original tomados como centro. Se obtuvo el volumen promedio, desviación estándar, intervalos de confianza y porcentajes de error para los sitios de los 10 árboles centro de los rodales correspondientes. Se reunieron éstas características estadísticas, y al igual que el método anterior, se contaron las hipótesis nulas para diferente porcentaje de error, es decir; el número de rodales que presentan volúmenes semejantes al de los sitios circulares de 1000 m<sup>2</sup> de cada rodal, para (2,3,4,.....,30) árbol cercano al centro. Conociendo las tendencias de la relación entre árboles cercanos y número de hipótesis nulas, se determinó mediante modelos de regresión el árbol cercano que puede considerarse para definir el radio de las unidades de muestreo dependiendo del porcentaje de error que requiere los objetivos del inventario forestal.

**NOTA:** en los capítulos III y IV de este trabajo de tesis se hace una revisión de literatura y antecedentes en orden cronológico de los diferentes esquemas de muestreo analizados.

## 6.5 RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.5.1 Todas las especies presentes

Los resultados de los tres métodos de muestreo probados para rodales mixtos considerando a la población como el promedio de los 62 rodales utilizados se muestran en la Figura 6.4. Los tres métodos de muestreo producen estimaciones similares en volumen promedio que aquel observado para los rodales prueba. Los métodos de SC y C requieren superficies mayores que  $100\text{m}^2$  para estimar eficientemente el volumen. El método de los AV converge en estimaciones similares de volumen al observado al 15avo árbol. Volúmenes estimados con sitios de muestreo menores a  $100\text{m}^2$  o con superficies dadas por árboles vecinos menor que 15 están sesgados para los bosques de coníferas de Durango, México. Resultados similares para sitios circulares y cuadrados para bosques de coníferas han sido reportado por otros investigadores de otras partes del mundo. Nyyssonen y Vuokila (1963) recomendaron sitios circulares de  $200 - 300\text{m}^2$  para bosques templados de Finlandia. Hagberg (1967) señaló en sus reportes que pueden usarse sitios de  $500\text{m}^2$  para bosques templados de Suecia. Richter y Grossman (1969) y Fienell (1960) también recomendaron sitios con superficies menores a  $800\text{m}^2$ . En México, Caballero (1970) en bosques de pino-encino y Aguirre (1995) para bosques de *Pinus cooperi* concluyeron que sitios de  $400 - 600\text{m}^2$  fueron apropiados para inventarios forestales.

Para el Método de los árboles vecinos, nuestros resultados son contrastantes en comparación con las investigaciones realizadas por otros investigadores. Shopfer (1969) y Prodán (1968) recomendaron éste método utilizando del cuarto o sexto árbol cercano para definir la superficie óptima del sitio en inventarios forestales. Nuestro análisis muestra que el método de los AV produce estimaciones confiables a partir del 15avo árbol para estimar volumen adecuadamente en bosques de la región del Salto, y concuerdan con las investigaciones de Lessard (1994).

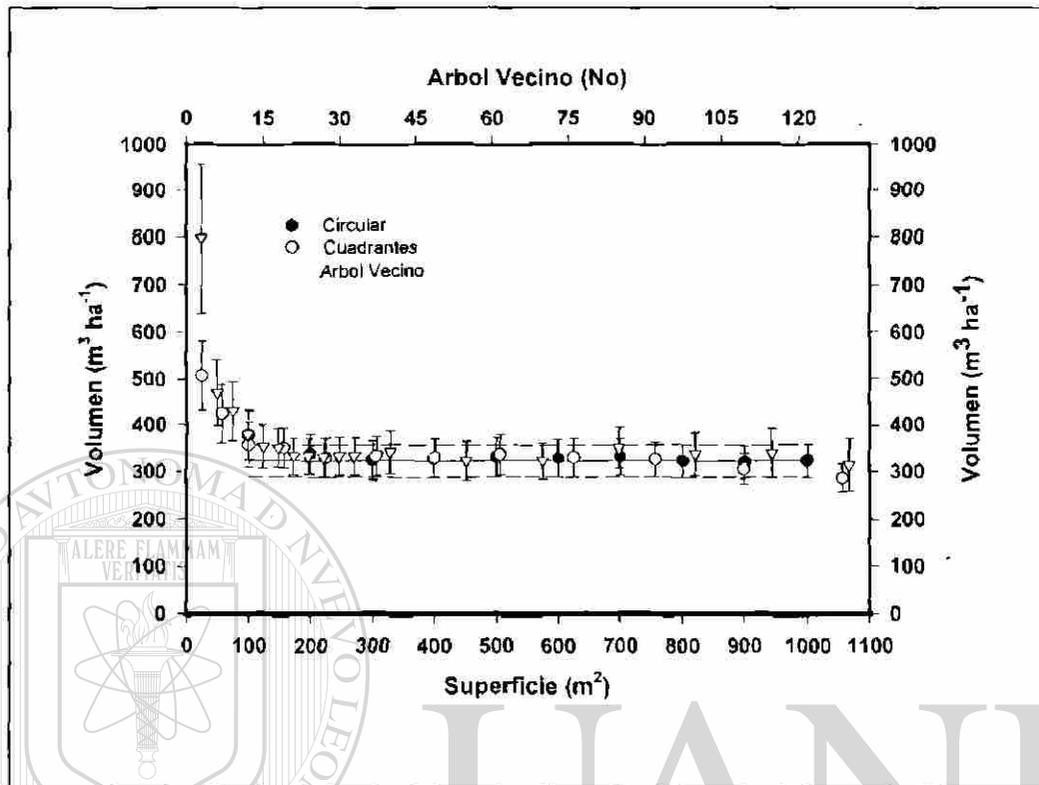


Figura 6.4 Resultados de tres sistemas de muestreo aplicados a rodales de bosques mixtos de Durango, México

La variación existente en los volúmenes totales por hectárea entre los 62 rodales probados es grande, con un promedio y una desviación estándar de  $322$  y  $138.17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente. Esto hace que los sistemas de muestreo converjan adecuadamente en superficies pequeñas con el volumen promedio y su intervalo de confianza. A pesar de esto, el inventario de existencias maderables que no requieren de mucha precisión podrían utilizar sitios con superficies desde  $100 \text{ m}^2$  o árboles vecinos desde 15. Prodan (1968) recomendó el método de AV para rodales homogéneos de densidades bajas y jóvenes y es parcialmente por esta razón por la cual se ajusta adecuadamente hasta el 15avo árbol vecino.

### 6.5.2 Coníferas

Los resultados para los tres esquemas de muestreo analizados para las coníferas se muestran en la gráfica 6.5, donde se observa una tendencia similar a la gráfica anterior. Las estimaciones de volumen con el método de sitios circulares y sitios cuadrados se puede realizar en sitios con área desde los 100 m<sup>2</sup>, aunque se recomienda desde los 200m<sup>2</sup>, porque es donde los promedios de las muestras entran dentro de los límites de confianza. Puede observarse también en éste análisis que el volumen estimado converge con el volumen promedio después de los 500 m<sup>2</sup>. El método de AV produce estimaciones sesgadas de volumen utilizando individuos menores del 15avo árbol cercano al centro para definir el radio y la superficie del sitio y se recomiendan sitios con el radio dado por el árbol vecino no 20 porque es donde el promedio de este esquema de muestreo entra dentro de los intervalos de confianza del promedio general. Esto le da mayor confiabilidad a este esquema de muestreo.

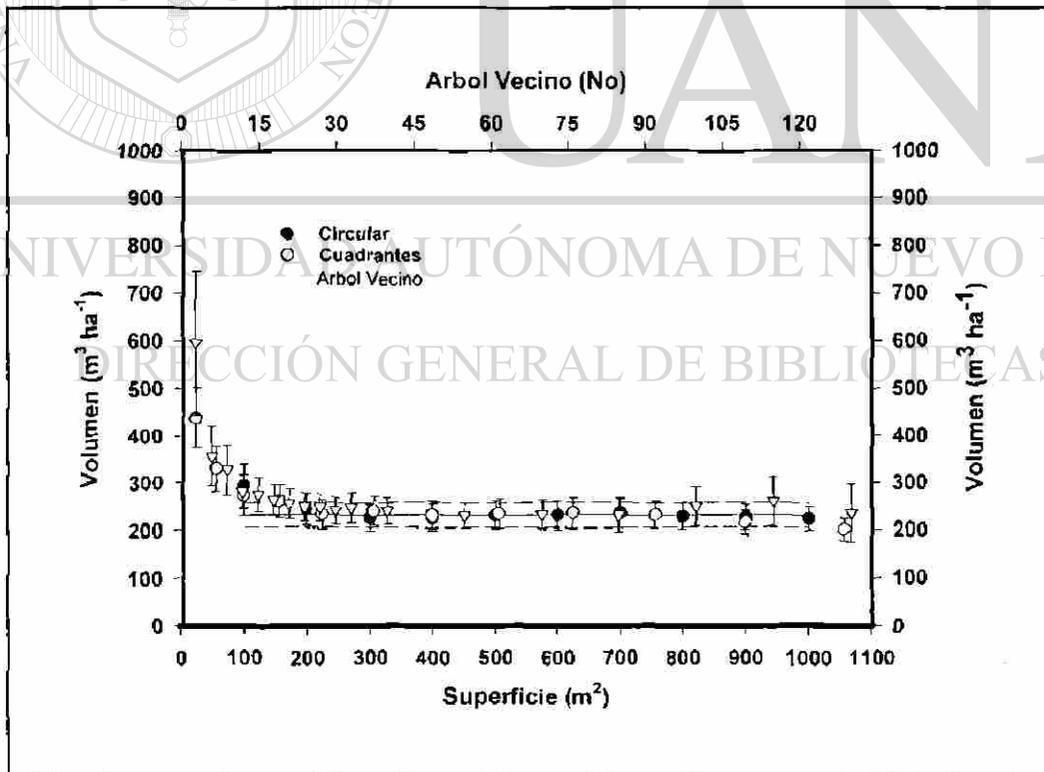


Figura 6.5. Resultados de tres sistemas de muestreo aplicados a rodales de bosques Coníferas de Durango, México.

La variación entre los volúmenes de los diferentes métodos y el volumen promedio de sitios circulares de 1000 m<sup>2</sup> es menor en rodales donde se consideran exclusivamente las coníferas que en los rodales donde se consideran todas las especies discutidos anteriormente, principalmente para el método de SC y C, debido a que los individuos son más homogéneas y por lo tanto la desviación estándar y los intervalos de confianza tienden a ser más pequeños. Esto no sucede para el sitio tipo promedio para coníferas porque presenta un promedio de 230.54 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de volumen y una desviación estándar de 104.7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, con un coeficiente de variación mayor al sitio tipo presentado para los sitios mixtos.

### 6.5.3 Latifoliadas

Los resultados de los diferentes esquemas de inventario, para los rodales tipo para la categoría de rodales de latifoliadas, se presentan en la Figura 6.6. Los métodos de muestreo analizados presentaron mayor variación, dado por la amplitud de los intervalos de confianza, en contraste con las variaciones observadas para especies mixtas y puras de coníferas. Los métodos SC y C presentan buena bondad de ajuste con respecto al sitio patrón de 1000 m<sup>2</sup>, principalmente el método de sitios circulares, con el cual se recomienda muestrear latifoliadas de bosques de Durango con sitios con una superficie mínima de 100 m<sup>2</sup>, mientras que para sitios cuadrados se recomienda muestrear superficies desde 150 m<sup>2</sup>. El método de árboles vecinos estimaría volúmenes sesgados para latifoliadas de bosques de Durango, ya que como puede observarse el patrón o tendencia de este esquema de muestreo es a divergir del promedio, en contraste con los dos otros esquemas de muestreo.

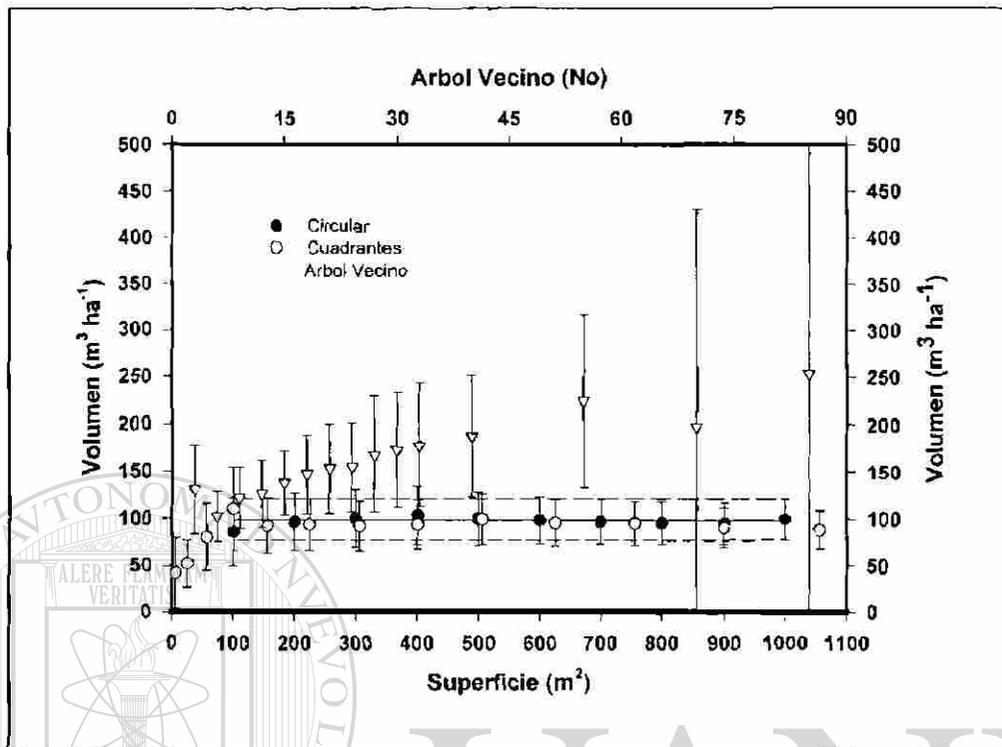


Figura 6.6. Resultados de tres sistemas de muestreo aplicados a rodales de bosques latifoliadas de Durango, México.

La variación entre volúmenes estimados y el volumen observado del sitio patrón de 1000 m<sup>2</sup> es menor debido a que el análisis fue hecho para rodales mas homogéneos en especie, aunque la variación sigue siendo significativa debido a que existen diferencias en características dasométricas de diámetro y, presentando 99.04 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> como volumen promedio y 88.95 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de desviación estándar. Sin embargo para el método de árboles vecinos, dichos estadísticos se hacen grandes debido principalmente a que los rodales que contienen latifoliadas presentan pocos individuos.

Cualquier método es bueno siempre y cuando exista en cada parcela de muestreo un buen número de árboles que representen mejor las condiciones dasométricas del rodal. Thren, 1993 mencionó que ese número deberá ser superior a 15 árboles para rodales heterogéneos.

#### 6.5.4 Sitios clasificados

El análisis de componentes principales permitió establecer 4 grupos de sitios definidos por las características dasométricas área basal promedio, número de árboles por hectárea y volumen promedio por hectárea (ver anexo 1 del capítulo VI). Los resultados de los esquemas de muestreo para los cuatro grupos de sitios emergentes del análisis se presentan en el cuadro 6.5.

Para el método SC, la superficie mínima de muestreo con la moda como promedio es de  $200\text{m}^2$  y la óptima modal de  $600\text{m}^2$ . Para el método C, el promedio modal es de  $150\text{m}^2$  y la óptima con  $750\text{m}^2$ . Para el método de los árboles vecinos el número mínimo y óptimo se aproximan a 10 y 15, respectivamente. En general los primeros dos esquemas de muestreo convergen adecuadamente con el promedio del sitio tipo. Es decir, los promedios de los métodos de sitios circulares y de cuadrantes se asemejan mas al promedio del sitio tipo conforme se aumenta el tamaño de los sitios. El esquema de muestreo de árboles vecinos se encuentra sesgado en el 50% de los casos observados. Es notoria su falta de convergencia en los sitios puros de coníferas y latifoliadas; en ocasiones tendiendo los promedios a alejarse del promedio del rodal tipo. La falta de convergencia en los primeros (1,2,,5) y últimos (>40) árboles vecinos está relacionado directamente con la variación espacial de los árboles, la cual es muy irregular entre sitios. Esto origina que la varianza espacial aumente y tiende a mover los promedios fuera del promedio del sitio tipo. Estas observaciones son suficientes para descartar el esquema de muestreo de los árboles vecinos como metodología para inventariar rodales forestales de la Sierra Madre Occidental. Es posible que para rodales menos disturbados por el manejo, por los incendios, plagas, sobrepastoreo, etc. o para el caso de plantaciones forestales este sistema de muestreo se aplicable.

Por otra parte, se recomiendan los sitios circulares con dimensiones de  $600\text{m}^2$  para inventarios forestales con escasa necesidad de realizar planes de manejo con expectativas estratégicas a mediano y largo plazo. Las dimensiones de estos sitios ya han sido recomendadas en otras partes del mundo por ejemplo en filandia Kuusela

(1960) que recomienda sitios de 500 m<sup>2</sup> para la zona norte y 300 m<sup>2</sup> para zonas sur de *Pinus sylvestris*, en Suecia Según reportes de Vid Andra (1938) y Hagberg (1957) el inventario nacional forestal de Suecia fue hecho con sitios de 138 m<sup>2</sup>. En Noruega, Stridsberg (1956 en Taksering, 1991). mencionan que los sitios de 200 m<sup>2</sup> son los más eficientes . En Alemania Prodan (1955; 1958) se inclina por los sitios de 1000 m<sup>2</sup>. Richter y Grossman (1959) en sus reportes, recomiendan que los sitios más eficientes son de 300 m<sup>2</sup>. En Estados Unidos Spurr (1952) recomienda 1011 m<sup>2</sup> para evaluaciones de árboles maduros y 405 - 809 m<sup>2</sup> para árboles jóvenes. En México Caballero (1970) reporta sitios circulares de 500-700 m<sup>2</sup> y Aguirre et al, (1995) estimó un tamaño de parcela circular óptimo de 500 m<sup>2</sup>.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cuadro 6.5 Superficies mínimas y óptimas de sitios circulares, cuadrados y el árbol vecino para inventarios forestales de bosques mixtos e irregulares de Durango, México

CATEGORIA	SITIOS CIRCULARES (SUPERFICIE M <sup>2</sup> )		CUADRANTES (SUPERFICIE M <sup>2</sup> )		ARBOL VECINO (No)	
	MINIMO	OPTIMO	MINIMO	OPTIMO	MINIMO	OPTIMO
MIXTOS	200	300	150	225	15	17
CONIFERAS	200	300	150	225	17	32
LATIFOLIADAS GRUPO I	100	200	200	225	10	**
MIXTOS	200	800	150	800	6	15
CONIFERAS	200	800	150	225	*	**
LATIFOLIADAS GRUPO II	100	600	50	225	3	**
MIXTOS	100	700	100	600	4	10
CONIFERAS	200	700	150	750	12	13
LATIFOLIADAS GRUPO III	200	600	225	400	3	4
MIXTOS	200	500	225	600	14	30
CONIFERAS	300	600	625	750	19	**
LATIFOLIADAS GRUPO IV	100	800	100	625	*	**
MIXTOS	200	400	100	400	5	20
CONIFERAS	200	600	225	300	17	**
LATIFOLIADAS	100	400	50	750	13	**

Nota: \*El volumen estimado promedio no entra a los intervalos de confianza del sitio tipo

\*\* El volumen estimado promedio no converge con el volumen promedio del sitio tipo.

Las superficies mínimas observadas son mayores que aquellas estimadas para los análisis generales de todos los rodales, con todas las especies y con especies definidas (filas superiores del Cuadro 6.5). La dimensión óptima, donde los volúmenes promedios de los esquemas de muestreo estimados entran dentro de los límites de confianza, es mayor de 600 m<sup>2</sup>. Por esta razón, se puede concluir que a medida de que se desagrega la superficie hasta llegar al nivel del subrodal, como área básica de

manejo, las superficies de muestreo incrementarían por sobre los  $600\text{m}^2$ . Es decir, para inventarios forestales de alta precisión, donde la decisión de intervenir y su magnitud juegan un papel importante, la superficie de muestreo debe de ser mayor que los  $600\text{m}^2$ . Los resultados de esta categoría (grupos clasificados) muestran que pueden utilizarse sitios de dimensiones inferiores a  $1000\text{m}^2$  específicos para diferentes condiciones dasométricas (anexo1 del capítulo VI).

### 6.5.5 Análisis específicos (Sitios individuales)

El análisis específico de los esquemas de inventario mostró: (1) que el número de hipótesis nulas, donde los volúmenes estimados son similares a los volúmenes esperados, incrementó conforme incrementa la superficie de muestreo, (2) que el número de ho apenas alcanzó el 30% de los casos probados, 62 rodales, analizados y (3) que el número de ho se relacionó funcionalmente con la superficie de muestreo y con la precisión deseada.

#### 6.5.5.1 Sitios circulares

Las relaciones lineales existentes entre la superficie a inventariar, el número de ho y el error en la precisión se presentan en la Figura 6.7. Las tendencias que mostraron estas relaciones en este rango de observaciones fueron fundamentalmente rectas. Las ecuaciones para cada uno de los errores señalados se presentan en el Cuadro 6.6. Estas relaciones muestran que para alcanzar el 100% de las ho, se necesitarían inventariar sitios circulares con dimensiones 3250, 1600, 1250, 1150 y  $650\text{m}^2$  con errores del 5, 10, 15, 20 y 25%, respectivamente. Por el contrario para alcanzar el 90% de las ho (56 de 62), se necesitarían inventariar sitios circulares con dimensiones de 3000, 1450, 1100, 1000 y  $550\text{m}^2$  con errores del 5, 10, 15, 20 y 25%, respectivamente.

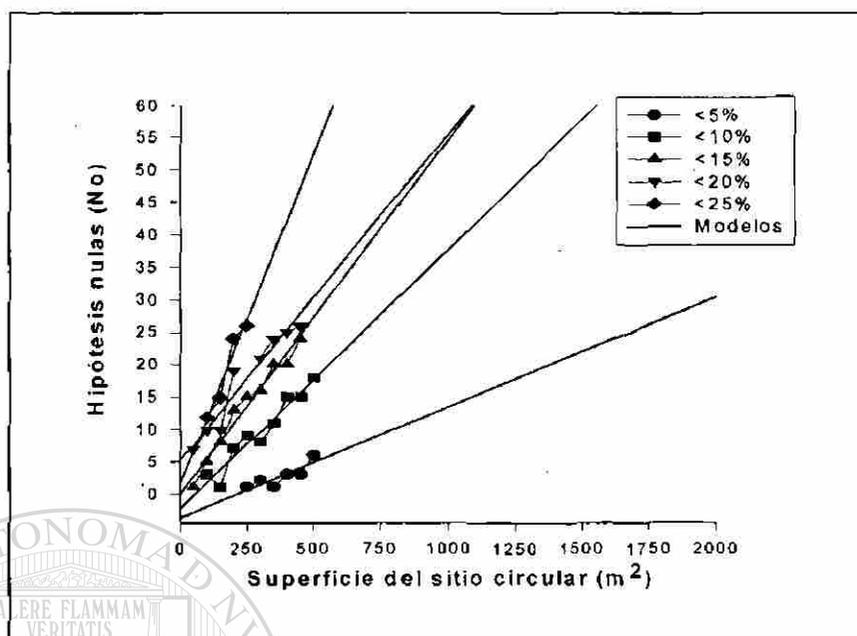


Figura 6.7 Tendencias del número de hipótesis nulas con diferentes dimensiones de sitios y errores en la precisión para definir el tamaño de sitios circulares para inventarios forestales en bosques mixtos de Durango, México.

Cuadro 6.6. Estadísticos de regresión para diferentes porcentajes de error y tamaños de sitios circulares para inventarios forestales de Durango, México

Error (%)	Parámetro ( $\alpha$ )	Parámetro ( $\beta$ )	Coefficiente de determinación ( $R^2$ )
< 5	-3.19	0.007	0.81
<10	-2.33	0.04	0.93
<15	-0.11	0.05	0.97
<20	5.17	0.05	0.93
<25	1.40	0.10	0.94

### 6.5.5.2 Sitios cuadrados

La tendencia entre las superficies a inventariar, el número de ho y el error en la estimación siguieron tendencias lineales (Figura 6.8), observándose una mejor distribución de las hipótesis nulas a lo largo del rango de superficies analizadas (6.25 – 756.25 m<sup>2</sup>), presentando un mayor número de Ho en superficies mayores, mientras que en el método de sitios circulares la distribución de Ho estuvo concentrada en superficies menores a 500 m<sup>2</sup> lo que hace suponer que a mayores superficies de sitios cuadrados el volumen obtenido es más confiable debido a que dicho volumen tiende a

ser estadísticamente igual al volumen que al que se obtiene con sitios circulares de 1000 m<sup>2</sup>. El mayor número de hipótesis nulas se registraron en errores inferiores al 20%.

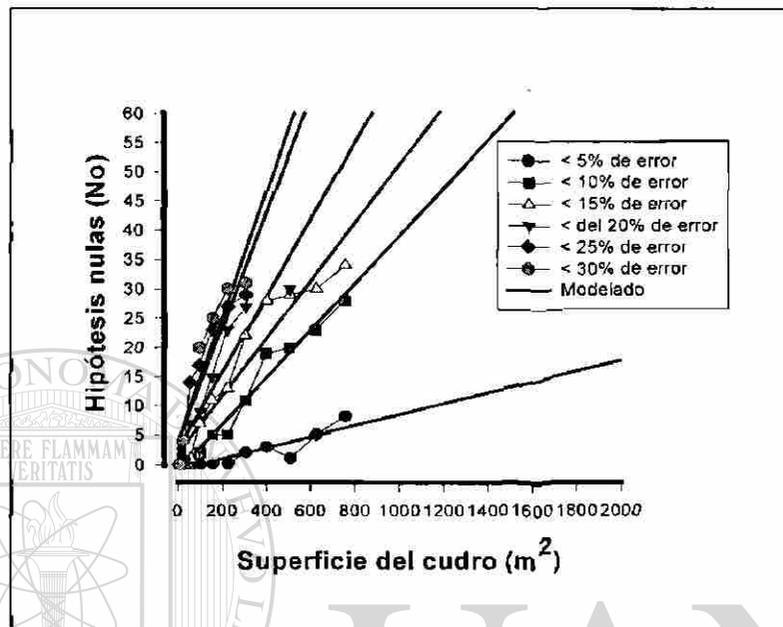


Figura 6.8 Tendencias del número de hipótesis nulas con diferentes dimensiones de sitios y errores en la precisión para definir el tamaño de sitios cuadrados para inventarios forestales en bosques mixtos de Durango, México.

Como puede observarse, el mayor número de hipótesis nulas (50%) se registraron en 700- 800 m<sup>2</sup> con errores de 15%, precisión que puede tolerarse para inventarios forestales, lo que hace suponer que para obtener mejor confiabilidad (90 o 100% de las Hipótesis nulas) los sitios de muestreo deberán tener una superficie de 1400 , 1100, 700, 400 y 300 m<sup>2</sup> para errores de 10,%, 15%, 20%, 25% y 30% respectivamente. El tamaño del sitio dependerá de los objetivos del inventario, ya que pueden hacerse evaluaciones con sitios pequeños( 300 m<sup>2</sup>) con una precisión media o sitios mas grandes pero mayormente representativos de 1200 - 1400 m<sup>2</sup> con altos niveles de confiabilidad. En el cuadro 6.8 se muestran los parámetros estadísticos de los modelos. El método de cuadrantes resultó ser muy parecido al circular sin embargo a pesar de que este tipo de sitios proporciona perfectamente los límites del sitio (Medina, 1983) el método de sitios circulares se sigue recomendando por su menor área a muestrear con el mismo nivel de precisión. Otras ventajas de esta forma

de inventariar bosques nativos de coníferas y latifoliadas incluye una disminución del efecto de borde.

Cuadro 6.7 Estadísticos de regresión para diferentes porcentajes de error y tamaños de sitios cuadrados para inventarios forestales de Durango, México

Error (%)	Parámetro ( $\alpha$ )	Parámetro ( $\beta$ )	Coefficiente de determinación ( $R^2$ )
< 5	-0.93	9.24	0.79
<10	-1.30	0.040	0.97
<15	1.73	0.049	0.92
<20	2.58	0.065	0.88
<25	3.59	0.098	0.85
<30	3.76	0.107	0.87

### 6.4.5.3 Dimensiones Variables

La tendencia entre las superficies a inventariar, el número de ho y el error en la estimación siguieron tendencias similares al método de sitios circulares y cuadrados (Figura 6.9). Las ecuaciones de estas relaciones se presentan en el Cuadro 6.8.

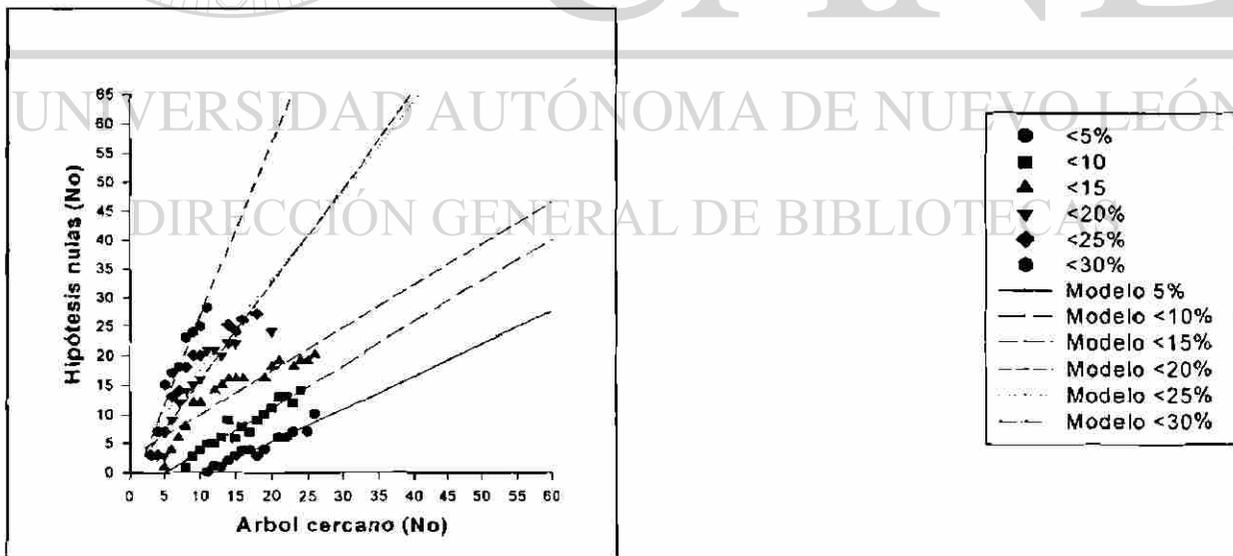


Figura 6.9 Relaciones entre las hipótesis nulas, el número de árboles vecinos a muestrear y los errores de precisión para bosques mixtos de Durango, México.

**Cuadro 6.8 Estadísticos para ecuaciones para definir el número de hipótesis nulas en función del árbol vecino para diferentes porcentajes de error en bosques mixtos de Durango, México**

Error (%)	Parámetro ( $\alpha$ )	Parámetro ( $\beta$ )	Coefficiente de determinación ( $R^2$ )
< 5	-5.83	0.55	0.93
<10	-3.68	0.73	0.93
<15	2.70	0.73	0.80
<20	-0.71	1.64	0.87
<25	2.38	1.52	0.85
<30	-2.99	2.97	0.92

Estas relaciones muestran que para alcanzar el 100% de las ho, se necesitaría inventariar al árbol vecino no 123, 90, 81, 38, 39 y 22, con errores del 5, 10, 15, 20, 25 y 30%, respectivamente. Por el contrario para alcanzar el 90% de las ho (56 de 62), se necesitarían inventariar al árbol vecino no 112, 82, 73, 35, 35 y 20 con errores del 5, 10, 15, 20 y 25%, respectivamente. este método puede ser utilizado en rodales homogéneos (Ruiz, 1982) o bien en rodales heterogéneos solo para hacer estimaciones con escasa precisión (Wokasima y Yoshida, 1995).

## 6. 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se probaron tres esquemas de inventario forestal para rodales mixtos de Durango, México. Los sitios circulares son recomendables y sus dimensiones dependen del nivel de precisión deseado. Los sitios con dimensiones variables resultó estar sesgado para inventariar volúmenes maderables y por consiguiente no es recomendable para estos bosques.

Los esquemas de inventario específicos que se recomiendan varían con los objetivos del manejo. Para proyectos pequeños, donde no se requiere de mucha precisión, se pueden utilizar sitios circulares con dimensiones de 600 m<sup>2</sup>. Para incrementar la precisión, se recomienda que se conozcan las características de las masas forestales, para definir la superficie del sitio de acuerdo a sitios semejantes, de

ésta manera la variación entre volúmenes es menor y por lo tanto no se obtienen volúmenes sesgados.

En proyectos de manejo forestal a largo plazo, donde los programas estratégicos son claves en la planeación, ordenación, manejo y monitoreo, se recomiendan sitios circulares con dimensiones de  $1200\text{m}^2$  porque resultarían en estimaciones con entre un 90-100% de hipótesis nulas y con un 10-15% de error en la estimación volumétrica. Este error es adecuado para estos bosques considerando que los volúmenes rollo total árbol promedio por hectárea se encuentran en los  $320\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ , con una desviación estándar de  $140\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ . Esto resulta en errores en la estimación de entre  $32\text{ y }48\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ .

Finalmente, es recomendable realizar investigaciones sobre el tema de muestreo en unidades forestales mayores que los  $1000\text{m}^2$  o  $0.1\text{ ha}$  utilizados en este reporte. Para esto se requiere establecer sitios de al menos una hectárea o subrodiales completos que incluyan las variaciones espaciales características de la masa forestal.

## 6.7 BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, C. O., Jiménez, P. J. y Meraz, A. B. 1995. Optimización de inventarios forestales para manejo forestal un caso de estudio en Durango México. Investigación agraria. Vol. 4. Pp 108 - 117
- Alder D. 1980. Predicción del Rendimiento Forestal. FAO. Vol 2. Pp 5 – 6.
- Arman, C. Ramírez, N. H. y Treviño G. J. 1986. Dendrometría UACH. División de Ciencias Forestales, 1ª ed.
- Borecki, T., Rotach, P. And Zibura, H. 1991. Size of circular sample plot for determining the standing volume and value of a stand. Annals of Warsaw agricultural University SGGW – AR, Forestry and Wood technology. 42: 19 – 25.

- Caballero, D. M. 1970. Evaluación de cuatro tamaños de sitios circulares en inventarios forestales. SARH. Dirección general del inventario forestal. SFF. No. 18. México. 25 p.
- Carrillo, E. G. 1989. Apuntes del curso de Inventarios Forestales. UACH. División de Ciencias Forestales. Serie de apoyo económico No. 37. México. 286 p.
- Cailliez, G. E. 1986. estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. FAO. Vol. 1 Roma. 85 p.
- Cano, C. J. 1982. Notas del curso de Ordenación de montes. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF). SARH. SFF. México. 190 Pp.
- Cano, C. J. 1988. El Sistema de Manejo Regular en Bosques de México. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). México. 220Pp.
- Cochran, W. G. 1979. Técnicas de Muestreo CECSA. -1ª ed. editorial Continental. 504p.
- Contreras, A. J., Návar, Ch. J. de J. 1997. Ecuaciones de volumen para estimar volúmenes rollo total árbol, fustal, fuste y tocón y fuste y ramas de *Pinus durangensis* y *Pinus teocote* del ejido Vencedores, Dgo. México. III Congreso mexicano de recursos forestales. Linares N.L. PP 40-42.
- FAO. 1997. Situación de los bosques del mundo. Pp 6-8.
- FAO, 1999. Situación de los Bosques en el mundo. PP. 6-10
- Ferreira, R.O. 1994. Manual de inventarios forestales. 2ª ed. Honduras. 97 p.
- Freese, F. 1969. Muestreo Forestal Elemental. Centro Regional de Ayuda Técnica. Alianza para el Progreso. 96 p.
- Ghosh, S., Innes, L. J. 1996. Comparing sampling strategies in forest monitoring programs. *Forest Ecology and Management*. 82: 231-238.
- Hernández, M. F. 1992. Inventario Forestal. Facultad de Silvicultura y manejo de Recursos Renovables. UANL. 27 p.
- Husch, B., Miller, Ch. and Brees, T. 1982. Forest Mensuration. 3ª ed. Editotial Wiley. U.S.A. Pp 80 – 90.
- Jiménez, P. J. 1998. Notas dasométricas del curso de evaluación de recursos forestales. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 106 pp.

- Keler, W. 1987. Improvement in inventory by sampling according to site types. *Allgemeine Forst - und Jagdzeitung*. 56:97-101.
- Kelly, J. F., Betz, R. C. 1987. A comparison of tree volume estimation models for forest inventory. Research Paper southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service. No. SO - 233, 9 pp.
- Kim, K. D., Kim, C. M. 1987. Estimates of stand basal area by 6 - tree sampling and Bitterlich method. Research Bulletin of the Seoul National University Forests. 23:1-7.
- Lessard, V., Reed, D. D., Monkevich, N. 1994. Comparing N - tree distance sampling with point and plot sampling in northern Michigan forest types. *Northern Journal of Applied Forest* 11 (1) 12-16.
- Linch, T. B., Busydi, R. 1999. Distance sampling for forest inventory in Indonesian plantations. *Forest Ecology and Management*. 113 (2/3) 215-221.
- Mas Porraras, J. 1984. Instructivo para el registro de datos del inventario para manejo silvícola de plantaciones forestales de clima templado frío. INIF. Vol. 61. México. 33 p.
- Medina, B. R. 1983. Determining circular plots for sampling in forest inventory. *Ciencia Forestal*. INIF. México. 43: 3 - 20.
- Mejorana, S. N. 1962. Los sitios de dimensiones variables y su aplicación en Michoacán. Comisión Forestal del estado de Michoacán. Publicación especial No. 1. México. 15p.
- Mendoza, B. 1993. Conceptos Básicos de manejo forestal. UTEHA. 1ª ed. México 160p.
- MOPT, Ch. 1985. Guía para la elaboración del medio físico. Ministerio de obras públicas. España.
- Narajima, N. Y., Yoshida, S., Imanaga, M. 1995. Comparison among four ground survey methods as a continuous forest inventory system for forest management. *Journal of the Japanese Forestry Society* 77 (6) 573-580.
- Quiñones, B. M. 2000. Caracterización silvícola y estructural de rodales de *Pinus pseudostrobus* Lindl. En el sur de nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Pp 32 - 35.

- Rrmahn, de la V. C., Ramírez, M. H. Y Treviño G. 1987. Dendrometría. 2<sup>a</sup> ed. Serie de apoyo académico No. 36. UACH. División de Ciencias Forestales. México. Pp 236 – 287.
- Ramahn, de la V. C. 1992. Dendrometría, Prácticas y Laboratorios. Serie de apoyo académico No. 36. UACH. División de Ciencias Forestales. México. 36 p.
- Ríos, N., Acosta, C., Benitez, M. 2000. Comparación entre métodos de muestreo. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. 57 p.
- Ruíz, A. M. 1982. Curso sobre Inventarios Forestales Breve descripción de algunas técnicas de muestreo. INIF. Vol. Informativo No. 61. México. 33 p.
- Rutkowski, B., Poznanski, R. And Wroblewska, L. 1987. Accuracy and effectiveness of forest inventory methods based on circular, relascope and six – tree sample plots. Acta agraria et Silvestria. 25: 3 – 19.
- Saborowski, J., Smelko, S. 1998. Evaluation of inbentories based on sample plots of variable size. Allgemeine Forst - und Jagdzeitung. 4:71-75.
- Scurtuder, H. T., Rennie, J. C. 1992. Comparison of tree sampling schemes for estimating frequency and  $D^2H$  by diameter class - a simulation study. Forest Ecology and Management. 50 (1-2) 117-131.
- UCODEFO No. 6, 1998, Información dasométrica de rodales tipo de la región del Salto Durango, México.
- UCODEFO No. 6 , 1998, Memoria General de predios, El Salto P. N. Dgo., México, 267 Pp.
- Vargas, L. B. 1999. caracterización de la productividad y estructura de *Pinus Hartwegii* Lindl. En tres gradientes altitudinales en el Cerro Potosí, Galeana , Nuevo león. Tesis de maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Pp 33 – 35.
- Wiant, H. V. 1987. When aquare plots area more efficient that circular ones. West Virginia Forestry Notes No. 13. 8 p.
- William, M. S., Wiant, H. V. 1998. Double sampling with importance sampling to eliminate bias in tree volume estimation of centroid method. Forest Ecology and Management. 104 (1/3) 77-88.

## CAPITULO VII

### ECOLOGIA DE LOS BOSQUES DE PINO-ENCINO DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL DEL SALTO, DURANGO MEXICO

José de Jesús Graciano L<sup>1</sup> y José Návar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Ciencias Forestales, <sup>2</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).

#### 7.1 RESUMEN

La ecología y distribución de las especies arbóreas que componen las masas forestales de los bosques de Coníferas de la Sierra Madre Occidental del centro sur de Durango, México fueron estudiadas por medio de técnicas de análisis multivariados de ordenación, análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCCA), y clasificación con análisis cluster. Las especies mostraron tendencias notorias en su distribución, las cuales fueron explicadas por gradientes en altitud sobre el nivel del mar y la pendiente. Del análisis de conglomerados se definieron seis tipos de vegetación, caracterizados por la dominancia de tres especies: *P. durangensis*, *P. teocote* y *Quercus de hoja mediana*. Gráficas de los gradientes con las especies observadas y otras posibles fuentes de variación son discutidas. Se hace énfasis en estudiar con más detalle los principales cambios sucesionales entre los diferentes tipos de vegetación para ser incorporados dentro de los planes de manejo

**PALABRAS CLAVE:** Gradientes y tipos de vegetación, análisis multivariado, altura sobre el nivel del mar, pendiente, exposición

## 7.2 ABSTRACT

The ecology and distribution of tree species which comprise the forests of the coniferous stands of the Sierra Madre Occidental mountain range of south central Durango, México were studied by using multivariate analysis of ordination, detrended canonical correspondence analysis, DCCA, and classification, cluster analysis. The species showed patterns explained by gradients in altitude above sea level and slope. Cluster analysis consistently discriminates six vegetation groups, characterized by the relative dominance of three species: *P. Durangensis*, *P. Cooperi*, and *Quercus* medium sized leaves. Figures showing gradients between observed species are presented and other possible sources of variation are discussed. This paper addresses in more detail the main sources of successional changes occurring within the different vegetation types to be incorporated in to the forest management plans to conserve the tree diversity of those forests.

**KEY WORDS:** Gradients and vegetation types, multivariate statistics, altitude above sea level, slope and exposition

## 7.3 INTRODUCCION

México posee un territorio cuyo relieve es altamente diverso, gran parte de la superficie del país está constituida por macizos montañosos cubiertos por comunidades forestales formando diferentes asociaciones vegetales (Enkerlin y Valdéz, 1994). Los bosques de coníferas constituyen una parte muy significativa de la vegetación de México, cuya superficie total se estima en 21 millones de hectáreas (Anónimo, 1976). Es decir el 10.5% de territorio nacional se encuentra ocupado por bosques de coníferas.

México es el país con mayor número de especies en el mundo (García y González, 1998). Sin embargo estudios tendientes al entendimiento de la ecología de las especies que componen estos bosques son escasos (Rzedowski y Vela, 1977). Las

coníferas se desarrollan desde cerca del nivel del mar hasta un poco más de los 4000 msnm, aunque su mejor distribución se presenta en altitudes superiores a 1500 m y entre 3200 y 4000 msnm constituyen los únicos tipos de vegetación presentes. Las coníferas están actualmente representadas en México por diez géneros, sin embargo desde el punto de vista económico y por su papel en la vegetación los más importantes son: *Pinus*, *Abies*, *Cupressus* y *Juniperus* (Rzedowski y Vela, 1977). El género *Pinus* domina los paisajes de las Sierras del norte de México, dentro del cual se han descrito 55 especies, con 4 taxas (Styles, 1993), de los cuales el 90% son endémicos del país (PEF, 1995). Durango con 9 129 000 ha con vocación forestal y 4 989 000 ha de bosques templados (Valles, 2000) ocupa el primer lugar nacional desde 1992 en producción forestal con un volumen promedio anual autorizado de 2 800 000 m<sup>3</sup> rollo (García y González, 1998), quienes reconocen para Durango 4 Géneros y 24 especies de Pináceas: 2 de *Abies*, 1 de *Picea*, 1 de *Pseudotsuga* y 20 del género *Pinus*. Los bosques de *Quercus* cubren el 4.29% de la superficie del país (SARH, 1992; Flores, 1994), representado por 135 especies (Nixon, 1993; Flores, 1994), de los cuales el 85% son endémicos del país (PEF, 1995).

A pesar de esta diversidad ecológica de la sinusia arbórea, pocos estudios se han desarrollado para entender la distribución de las especies y los factores que controlan los gradientes de cambio de las especies de la Sierra Madre Occidental. Esta información es clave para entender los cambios potenciales de la vegetación por disturbios naturales y antropocéntricos y su futura restauración. Los objetivos de este estudio fueron: (1) entender la distribución de las especies arbóreas, (2) entender y asociar las especies por tipos de vegetación, (3) asociar esta distribución a factores físicos del sitio y (3) proponer la base ecológica de las especies para los trabajos silvícolas emergentes de los planes de manejo en la región del Salto, Durango, México.

## 7.4 MATERIALES Y METODOS

### 7.4.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio estuvo comprendida por cinco predios de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No 6 de la región El Salto, Durango. El área de estudio se ubica en la parte sudoeste del estado de Durango, entre los Kilómetros 68 y 198 de la carretera interoceánica en su tramo Durango - Mazatlán, dentro del municipio de Pueblo Nuevo. Los predios se ubican en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, dentro de las subprovincias Gran Meseta y Cañones Duranguenses. El área de estudio se caracteriza por presentar generalmente en su parte alta relieve característico de sierra alta, algunas mesetas alineadas del sudoeste al noreste con lomeríos y zonas onduladas, y en la parte media presentan pendientes de moderadas a fuertes o que culminan en cañones. De acuerdo con la información contenida en las cartas edáficas de escala 1:250 000 (INEGI 1988) según la clasificación de la FAO / UNESCO (1970) modificado por la Dirección General de Fisiografía del Territorio Nacional, el área de estudio se hayan presentes diferentes tipos de suelo entre los que se encuentran: el Cambisol, Litosol y Regosol, predomina la textura media dentro de los primeros 30 centímetros de profundidad, presentando buen drenaje y aireación. Uno de los factores determinantes para la distribución de los climas en el estado de Durango, parece ser la barrera construida por la Sierra Madre Occidental, que define la dirección de los vientos húmedos, presentándose en la región de las quebradas un clima marítimo semitropical con temperaturas generalmente altas. A excepción de esta región citada, la mayor parte de la sierra por su altitud, tiene un clima semi - húmedo templado o semi - frío, que se vuelve templado o semi - seco en el lado oriental de la sierra y en buena parte de la franja central del estado. La temperatura media anual oscila entre 11.7°C, con una mínima en el mes más frío de 6.7°C y 16°C en el mes mas cálido.. Según el sistema de clasificación de koeppen, modificado por García (1967), se reporta una precipitación media anual de 1200 mm, presentado variación mensual. Los vientos dominantes de la región provienen del NW; en la temporada de febrero a mayo.

El área de estudio esta dominada por un bosque de Pino-Encino, en el que el género *Pinus* es el mas importante económicamente, pero además se encuentra presente el género *Quercus* que están recobrando importancia comercial. Las especies de pino de mayor importancia por su volumen de aprovechamiento destacan: *P. cooperii* 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 distribución y abundancia son: *P. ayacahuite* Ehreneb, *P. lumholtzii* Rob et Fern, *P. douglasiana* Martínez, *P. michoacana cornuta* Martínez y *P. oocarpa* Schiede. Además en los bosques de la región, éstas especies están asociadas con otros géneros de otras coníferas como: *Juniperus*, *Pseudotsuga*, *Abies*, *Picea*, especies del género *Quercus* de hoja chica, mediana y grande y otros género de *latifoliadas* como el *Arbutos*, *Alix* y *Prunus*. En la unidad El Salto y en la mayoría de los predios se encuentran presentes mas de 170 especies de fauna, 38 de ellas de mamíferos, 9 de reptiles y 5 de anfibios bien identificadas. La fauna característica de estas regiones son: venados, ardillas, conejos, coyote, tejón y una gran variedad de aves.

#### 7.4.2 Metodología

La fuente de datos consistió en 7000 sitios de inventario correspondientes a 2700 subrodales de cinco predios bajo manejo en la región del Salto Durango 1) La Ciudad, 2) La Campana, 3) Banderas del Águila ampliación, 4) Banderas del Águila dotación y 5) La Cueva y Anexos. Cada sitio estuvo representado por los atributos individuales de árboles muestreados. Las características dasométricas fueron: la especie, el diámetro normal, altura y diámetro de copa. Se utilizó una fuente de información ecológica de los sitios inventariados con las variables: altura sobre el nivel del mar, exposición, textura, compactación, erosión, materia orgánica, material predominante y fisiografía. En los cuadros 7.1 y 7.2 se muestra un resumen de las características silvícolas y dasométricas por piso, categoría diamétrica y grupo de especies de los subrodales analizados.

Cuadro 7.1 Variables dasométricas promedio por grupo de especies y por categoría diamétrica de subrodales de bosques mixtos e irregulares de El Salto Durango México

CD	PINÓ						ENCINO						ÓTRAS CONIFERAS						ÓTRAS HOJOSAS					
	Dq	H	N	B	V	ERT	Dq	Hm	N	B	V	ERT	Dq	Hm	N	B	V	ERT	Dq	H	N	B	V	ERT
	cm	mts	No	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> h	m <sup>3</sup> ha	cm	mts	No	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> h	m <sup>3</sup> ha	cm	mts	No	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> h	m <sup>3</sup> ha	cm	mts	No	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> h	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

Cuadro 7.2 variable promedio de productividad y crecimiento de subrodales de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

	EDAD	IS	FCC	IMA	IMA	ICA	ICA
	Años	m	%	m <sup>3</sup> /ha/año	TOTAL m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /ha/año	TOTAL m <sup>3</sup> /año
X	54	76.38	325.14	2.67	14.31	4.54	28.66
S	19	146.53	199.47	2.65	2024	4.38	23.97

X = Promedio, S = Desviación estándar

Mediante subprogramas del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) elaborados por Návar y Graciano (2000) se aglomeraron los sitios de inventario en los subrodales correspondientes de cada predio analizado. Se construyó una matriz de datos con la densidad por especies y por subrodal por predio y después se elaboró una matriz general para la región del Salto Durango. A la matriz general se le anexaron las variables de altura sobre el nivel del mar y exposición por subrodal. En un primer análisis se determinó la densidad total por especie y por altitud de bosques mixtos e irregulares de Durango, México. Para conocer la distribución y proporción de los tipos de vegetación de la región, se realizó un análisis de la densidad por grupos de especies en diferentes gradientes altitudinales y posteriormente en las diferentes exposiciones. Se realizó un análisis específico para los cuatro grupos de especies importantes del estrato medio y superior 1) género *Pinus*, 2) género *Quercus*, 3) otras

latifoliadas (*Arbutus* spp, *Alix*, *Prunus* etc) y 4) otras coníferas (*Juniperus* sp, *Cupressus* sp, *Pseudotsuga*, *Abies* y *Picea*) en el cual se relacionó la densidad promedio por género con las altitud y exposición del macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental en la región de El Salto, Durango. Para conocer la distribución de la densidad de las especies y sus preferencias, se realizó un último análisis en el que se aglomeraron las características individuales de las especies mas importantes en cuanto a su abundancia para los principales géneros.

Para determinar el valor de importancia de las especies, se utilizó una fuente de datos de 1070 rodales tipo, los cuales son sitios que representan las condiciones productivas de la región de El Salto Durango. Las abundancias en no de árboles ha<sup>-1</sup>, el área basal ha<sup>-1</sup> y la cobertura ha<sup>-1</sup> fueron ordenadas en forma matricial por rodal y por especie para estimar los parámetros ecológicos de dominancia, densidad y frecuencia cuya sumatoria corresponde al valor de importancia. Estos parámetros fueron descritos por Franco et al. (1989) y Edwards et al. (1993). En las ecuaciones [1], [2], [3] y [4] se expresan estos parámetros ecológicos:

#### DOMINANCIA

Edwards et al. (1993) define a la dominancia como:

$$D_r = \frac{AB_i}{AB_T} * 100 \quad [1]$$

Donde:  $AB_i$ =área basal de la especie i.

$AB_T$ =área basal de todas las especies

#### DENSIDAD

La densidad relativa es reportada por Edwards et al. (1993) como:

$$D_r = \frac{NA_i}{NAT} * 100 \quad [2]$$

Donde:  $N_{ai}$ =número de árboles de la especie  $i$ .

$N_{AT}$ = número de árboles de las especies presentes

#### FRECUENCIA

La frecuencia se reporta según Franco et al. (1989) como:

$$Fr = \frac{Fr_i}{F_t} * 100 \quad [3]$$

Donde:  $Fr_i$ = Número de sitios de muestreo en que aparece una especie

$F_t$ = Número total de sitios de muestreo

#### VALOR DE IMPORTANCIA

Franco et al. (1989) define al valor de importancia como:

$$V.I. = \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa.} \quad [4]$$

Para entender la distribución de las especies, de los sitios muestreados y su relación con las variables ambientales, los datos colectados se analizaron por medio de técnicas de ordenación y de clasificación, recomendadas por Gauch (1980). La matriz de datos de sitios (1554) por especies (23), con la densidad en número de árboles por hectárea, se ordenó por medio del análisis de correspondencia canónica sin tendencia, utilizando el programa CANOCO versión 4. El análisis se realizó con la eliminación de la tendencia por segmentos, DCCA, sin utilizar transformaciones o ponderaciones de los datos originales. Hill y Gauch (1980) desarrollaron el análisis de correspondencia canónica como un modelo heurístico del análisis de correspondencia, diseñado para corregir sus dos fallas: 1) el efecto de compresión de los ejes en sus extremos contrastados con su centro y 2) que el segundo eje frecuentemente muestra una relación sistemática, a menudo cuadrática, con el primer eje (Jogman et al., 1987). DCCA considera la selección de las combinaciones lineales de las variables

ambientales que maximizan la dispersión de los coeficientes de las especies (Ter Braak y Smilauer, 1998).

Las especies consideradas en el análisis fueron: (a) pináceas: 1. *P. cooperi*, 2. *P. durangensis*, 3. *P. engelmannii*, 4. *P. leiophylla*, 5. *P. herrerae*, 6. *P. teocote*, 7. *P. lumholtzii*, 8. *P. ayacahuite*, 9. *P. oocarpa*, 10. *P. douglasiana*, 11. *P. michoacana*, 12. *P. chihuahuaana*, 13. *P. maximinoii*; (b) otras coníferas: 1. *Juniperus* spp, 2. *Cupressus* spp, 3. *Pseudotsuga* spp, 4. *Picea* spp, 5. *Abies* spp; (c) encinos: 1. De hoja chica, 2. De hoja mediana, 3. De hoja grande; (d) otras especies: 1. *Alnus* spp, 2. *Arbutus* spp.

Las variables ambientales utilizadas en la ordenación y explicación de la clasificación de los rodales y distribución de las especies fueron: 1. Altitud sobre el nivel del mar promedio del rodal, 2. Pendiente, 3. Exposición, 4. Compactación del suelo, 5. Textura, 6. Material predominante, 7. Materia orgánica, 8. Profundidad del ocochal, 9. Escorrentía laminar, 10. Escorrentía en canalillos, 11. Escorrentía en cárcavas y 12. Índice de deterioro. Posteriormente la matriz de datos se clasificó con un análisis de conglomerados, cluster, corrido en SAS versión 9. Este análisis se corrió en dos formas: 1. Primero se estimaron los coeficientes de similitud de Jaccard, a los cuales posteriormente se les aplicó un análisis de conglomerados simple por el método del centroide y 2. Segundo con los datos originales de densidad promedio de árboles por hectárea por especie, a través del método de Ward.

## 7.5 RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.5.1 Vegetación en general

En el estado de Durango, la comunidad de pino - encino ocupa la mayor parte de la superficie forestal de las partes superiores de los sistemas montañosos (INEGI, 1992), esta comunidad está constituida por la mezcla de diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.). Los resultados de este trabajo muestran que los pinares y encinares, además de tener individuos de éstos dos grupos, su suman otros árboles de otros géneros como: tázcates, abeto, pinabetes, cedros y piceas; los cuales corresponden a coníferas de los géneros *Juniperus*, *Abies*, *Peudotsuga*, *Cupressus* y *Picea*, respectivamente. Se pueden observar también en éste tipo de bosque conviviendo individuos de hoja ancha con abundancias significativas como los son los madroños y alisos de los géneros *Arbutus* y *Alix*. Las densidades promedio de los bosques estudiados está en los 235 árboles por hectárea, con una desviación estándar de 56 árboles por hectárea. En la figura x (ver anexos) se observa que a medida que se incrementa en altitud el macizo montañoso la densidad de las especies también se incrementa, en altitudes que van desde los 1700 hasta los 2100 msnm; la densidad tiende a ser mas uniforme en las diferentes exposiciones. En el perfil altitudinal de 1200 - 2100 las máximas densidades se observan en exposiciones sudeste, sur y zenital con 258, 194 y 192 árboles por hectárea, las densidades menores en éste perfil se registraron en exposiciones noroeste, nordeste y este con 159, 151 y 137 individuos por hectárea respectivamente. En altitudes de los 2100 - 2400 las exposiciones este y zenital siguen dominando en cuanto a densidad (230 y 226 árboles por hectárea), las exposiciones noreste y sur registran las densidades menores con 182 y 190 árboles por hectárea, de los 2400 msnm y las densidades mayores se registran en exposiciones zenitales. Se observó que a medida que se incrementa la altitud las exposiciones norte y derivados incrementa su densidad, y en exposiciones sur la densidad tiende a disminuir, pero no en forma significativa como se ha pensado por mucho tiempo, quizás esto se deba al manejo tan intensivo que se le ha dado a los bosques de la región,

principalmente a los de exposiciones norte por encontrarse ahí los mejores ejemplares para el aprovechamiento. En los 2400 - 2600 msnm las máximas densidades se localizan en exposiciones zenitales con 265 árboles por hectárea y sudeste con 148 individuos por hectárea, las mínimas en este rango altitudinal se localizan en exposiciones noreste, oeste y noroeste con un promedio de 115 árboles por hectárea. En el rango de 2600 - 2700 msnm, las densidades máximas se ubican en las exposiciones zenital y este con densidades de 300 y 290 individuos por hectárea, las mínimas se localizan en las exposiciones suroeste con un promedio de 240 árboles por hectárea, en el rango superior del macizo montañoso (2700-3000). La exposición zenital sobresale de las otras que conservan una uniformidad en cuanto a su densidad, llegando a albergar hasta 500 árboles por hectárea, en éste perfil las densidades mínimas se ubican en exposiciones sur. En el cuadro 7.3 están registradas las densidades totales de los bosques mixtos e irregulares de Durango, México, para diferentes altitudes y exposiciones.

Cuadro 7.3 Densidades por hectárea en bosques mixtos e irregulares de Durango, México para diferentes exposiciones y gradientes altitudinales

EXPOSICION	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (msnm)				
	1200-2100	2100-2400	2400-2600	2600-2700	2700-3000
Zenital	193	227	265	301	499
Norte	168	201	233	261	238
Noreste	151	207	212	277	242
Este	162	229	235	288	231
Suroeste	258	217	249	266	245
Sur	194	191	245	285	227
Suroeste	183	211	246	243	235
Oeste	160	192	225	273	240
Noroeste	137	182	230	259	237

### 7.5.1.1 Distribución de los géneros

En la Figura 7.1 se muestra la distribución de la densidad de individuos en un gradiente altitudinal.

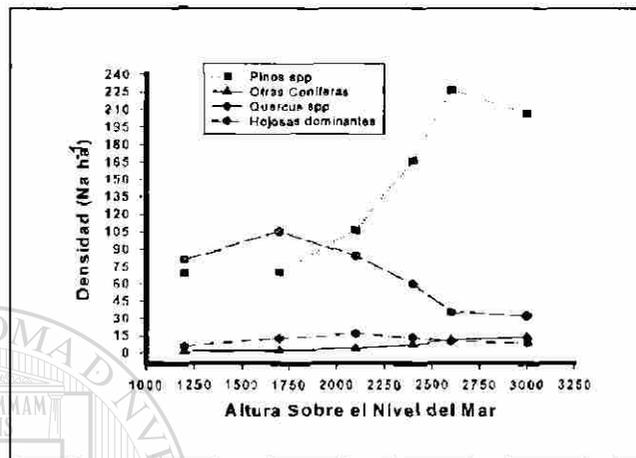


Figura 7.1 Distribución altitudinal de los grupos de vegetación superior de los bosques de Pino – Encino de la región del Salto, Durango, México

Los diferentes géneros presentan sus mínimas densidades en altitudes bajas (1200–1700 msnm) y las máximas en el rango de 2100–2500 msnm con excepción del género *Quercus* que prefiere altitudes bajas (1750 msnm). La densidad promedio de pinos es de 140 árboles por hectárea, con una desviación estándar de 65 árboles por hectárea, el género *Quercus* está representado con 65 y 29 árboles por hectárea como promedio y desviación estándar, respectivamente. El grupo de otras coníferas está representado con densidades promedio de 5 árboles por hectárea y el grupo de otras hojosas con 10 y 4 árboles por hectárea como promedio y desviación estándar, respectivamente. De los 1200–1750, el encino es tipo de vegetación dominante con 75 y hasta 105 árboles por hectárea, a partir de ésta altitud (1750) el género *Pinus* es el dominante, teniendo sus máximas densidades en de los 2600–3000 msnm y sus óptimas en los 2600 con 225 árboles por hectárea. El tercer grupo de importancia son las hojosas, en donde puede observarse perfectamente la tendencia de todas las especies (distribución normal) la cual inicia con mínimas densidades, llega a su punto óptimo (sitio donde existen las condiciones deseables para su desarrollo) y después de éste disminuye (lugares más alto), este comportamiento se puede apreciar muy

sutilmente en los pinos y otras coníferas, debido quizás a que en lugares más altos sus densidades disminuyen y no se cuenta con información para observar dicha tendencia normal. Las hojosas presentan sus máximas densidades en el rango de 1750-2400 msnm y sus óptimas en los 2100 con 15 árboles por hectárea, el grupo de otras coníferas a nivel general, las densidades no son muy significativas, sin embargo como puede observarse en la gráfica anterior, sus densidades se incrementan a medida que la altitud es mayor y en los 3000 msnm todavía se ve que las condiciones son excelentes para que se desarrollen 7 árboles por hectárea.

Desde el punto de vista de conservación, los bosques de Pino – Encino tienen importancia ecológica, ya que en ellos se haya presente la mayor cantidad de endemismos de la flora mexicana (Robles, 1994). En lo que respecta al género *Quercus*, este se distribuye desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm, mientras que el Género *Pinus* se le encuentra en altitudes de hasta 4000 msnm. Martínez (1963), Critchfiel y Little (1966) y Rzedowski (1978) estimaron que el género *Pinus* alberga 38 especies y 150 especies del género *Quercus*.

Rzedowski y Vela (1977) mencionaron en sus reporte que los géneros *Pinus*, *Abies*, *Cupressus* y *Juniperus* son los de mayor importancia en cuanto a abundancia en México. Se pueden observar también en éste tipo de bosque conviviendo individuos de hoja ancha pertenecientes a 21 géneros formando el grupo de "otras hojosas" destacando con abundancias significativas los son los madroños y alisos de los géneros *Arbutus* y *Alnus*. En la figura 7.1 se observa la distribución altitudinal de los grupos de vegetación en el estrato superior del macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental en la región del Salto, Durango. De los 255 árboles  $ha^{-1}$  que existen en los bosques del área de estudio, el 74% (189 árboles  $ha^{-1}$ ) corresponden al género *Pinus*, un 3% (8 árboles  $ha^{-1}$ ) al grupo de otras coníferas, un 19% (48 árboles  $ha^{-1}$ ) al género *Quercus* y un 4% (10 árboles  $ha^{-1}$ ) para otras hojosas. Krebs (1985) mencionó que la densidad están en función del número de especies y la distribución de los individuos en diversas especies.

### 7.5.2 Distribución del género *Pinus*

El género *Pinus* constituye el tipo de vegetación dominante en los bosques del áreas de estudio, por arriba de los 2500 msnm, encontrándose 13 especies con densidades variantes en el gradiente altitudinal. Las densidades del género *Pinus* para diferentes gradientes altitudinales y exposiciones, se muestran en el cuadro 7.4

**Cuadro 7.4 Densidades por hectárea del Género *Pinus* en bosques mixtos e irregulares de Durango, México para diferentes exposiciones y gradientes altitudinales**

EXPOSICION	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (msnm)				
	1200-2100	2100-2400	2400-2600	2600-2700	2700-3000
Zenital	81	128	194	248	369
Norte	79	108	155	208	190
Noreste	54	95	133	224	195
Este	53	92	153	233	189
Sureste	67	132	160	215	200
Sur	80	82	170	221	187
Suroeste	101	107	163	196	200
Oeste	61	93	147	219	203
Noroeste	56	103	155	208	187

La distribución de los pinos en gradientes altitudinales desde 1200-2700 msnm la densidad es muy heterogénea en las diferentes exposiciones, en el último gradiente del macizo montañoso (2700-3000 msnm) donde la distribución de la densidad es muy homogéneo con 180 árboles por hectárea, excepto la exposición zenital, en donde la densidad se dispara hasta 370 individuos por hectárea. La densidad promedio del género *Pinus* es de 150 árboles por hectárea y 70 árboles por hectárea como desviación estándar. Se observa también la que en el primer perfil de 1200-2100 msnm, las densidades mayores se localizan en exposiciones sureste y zenital con un promedio de 90 árboles por hectárea y con las menores densidades en las exposiciones noreste y noroeste con 55 árboles por hectárea como promedio. Sin embargo se observa que conforme el perfil se incrementa en altitud, las exposiciones norte y derivados ocupan posiciones medias en cuanto a densidad, los árboles en las

mayores altitudes (2700-3000 msnm) no encuentran condiciones apropiadas para dominar a las demás especies. Sin embargo se pudo observar en éste análisis que el género *Pinus* es el mas abundante en las diferentes exposiciones.

Rzedowski (1978) mencionó que la mayoría de los pinos Mexicanos se desarrollan a altitudes entre 1,500 y 3,000 msnm, aunque también se les ha registrado en áreas de clima caliente a 150 msnm y a niveles superiores de más de 4,000 msnm. En este trabajo se observó que en la Sierra Madre Occidental la distribución del género *Pinus* ocupa las máximas densidades en altitudes que van desde los 2500 – 2700 msnm con 180 árboles por hectárea y su óptimo en los 2600 con 250 árboles por hectárea en exposiciones zenitales.

#### 7.5.2.1 Distribución de las especies de pino

La distribución de las especies de pino se muestran en la Figura 7.2. En la Figura 7.3 se muestran las especies de la región en orden de importancia, estas especies son: *P. durangensis* Martinez (60 árboles ha<sup>-1</sup>), *P. cooperi* var *ornelasi* (43 árboles ha<sup>-1</sup>), *P. teocote* et Cham (16 árboles ha<sup>-1</sup>), *P. leiophylla* Schl et Cham (15 árboles ha<sup>-1</sup>), *P. engelmannii* Carr (8 árboles ha<sup>-1</sup>), *P. ayacahuite* Ehrenb (6 árboles ha<sup>-1</sup>), *P. chihuahuana* (3 árboles ha<sup>-1</sup>), *P. lumholzii* (2 árboles ha<sup>-1</sup>) y otras especies de menor valor comercial, distribución y abundancia con 1 árboles ha<sup>-1</sup> como son: *P. herrerae*, *P. oocarpa*, *P. michoacana*, *P. maximinol* y *P. douglasiana*.

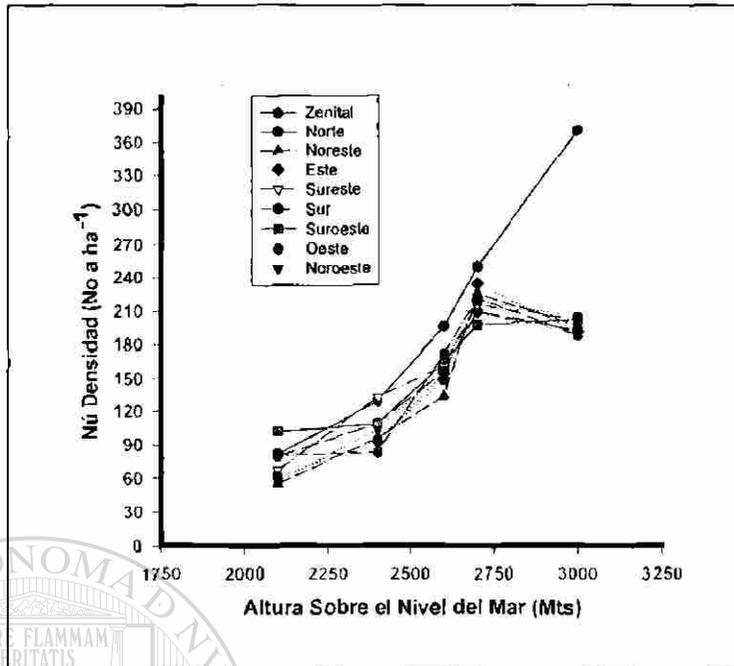


Figura 7.2 Distribución de la densidad del género *Pinus* en exposiciones y altitudes del macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental en Durango, México.

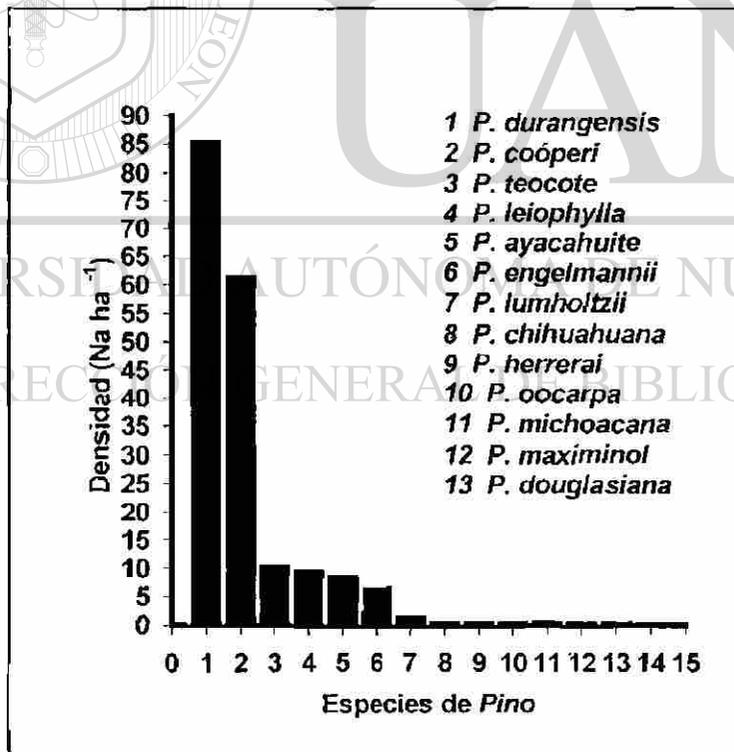
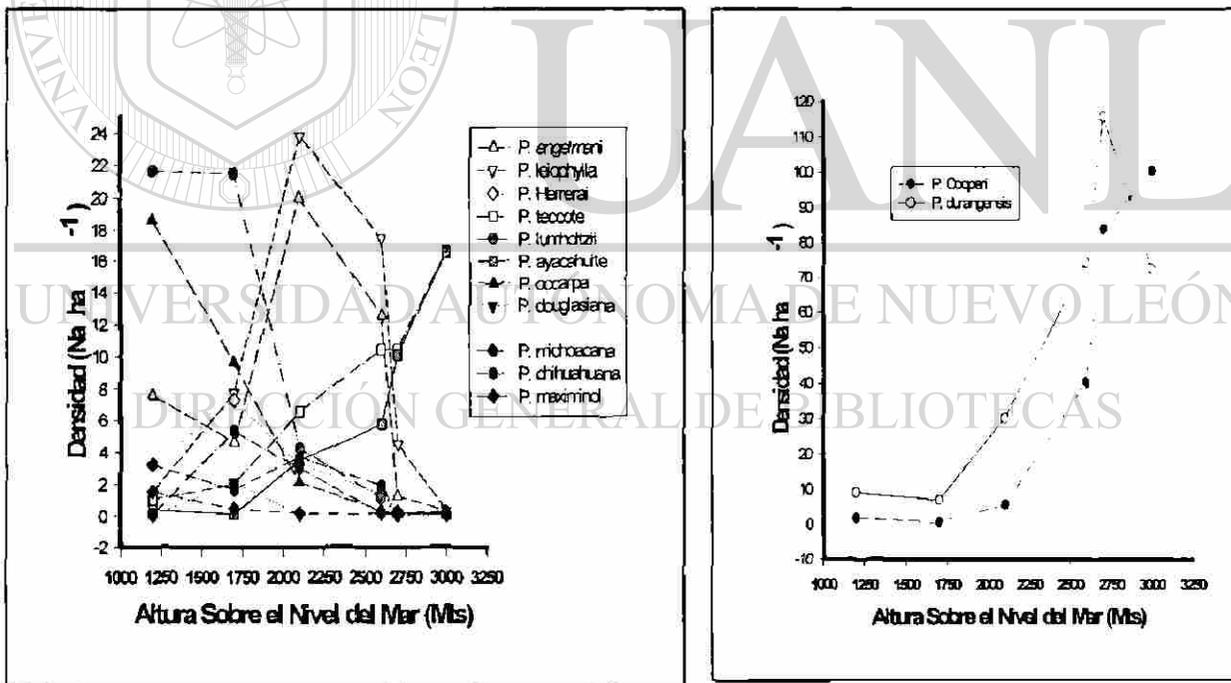


Figura 7.3 Densidad de especies del género *Pinus* en bosques mixtos e irregulares de Durango, México

En el análisis de la distribución de las especies de pinos (ver anexo 1 de este capítulo y Figura 7.4 se observó que no existe uniformidad en la densidad de las especies a lo largo de la cadena montañosa, en altitudes bajas (1200-2100) las especies de *P. lumholtzii* (22 árboles ha<sup>-1</sup>) y *P. oocarpa* (14 árboles ha<sup>-1</sup>) son las dominantes. Sin embargo las otras especies presentan densidades no muy relevantes en éste rango altitudinal. Se observó que el *P. durangensis* tiene un rango de distribución mayor que el *P. cooperi*, ya que el primero presenta mayores densidades desde niveles altitudinales bajos (Figura 7.5). El *P. teocote* y el *P. leiophylla* en altitudes bajas (1200-2100 msnm) se presentan en menores densidades y en altitudes de los 2100 en adelante se observa que tienen una mayor abundancia. El *P. leiophylla* es la especie dominante en los 2100 msnm, seguido por el *P. engelmannii* (Figura 7.4). Después de los 2100 msnm las especies de *P. durangensis* (150 árboles ha<sup>-1</sup>) y el *P. cooperi* (80 árboles ha<sup>-1</sup>) dominan en toda la Sierra del Salto, Durango, México.



Figuras 7.4(izquierda) 7.5 (derecha). Distribución de densidad de las especies del Género Pinus de bosques mixtos e irregulares de Durango México

En la figura 7.5 se observa que el *P. durangensis* domina en densidad el paisaje hasta los 2700, después de ésta altitud disminuye su abundancia. Sin embargo *P.*

*cooperi* todavía continúa creciendo en densidad hasta las altitudes máximas reportadas. El *P. ayacahuite* prefiere lugares más húmedos.

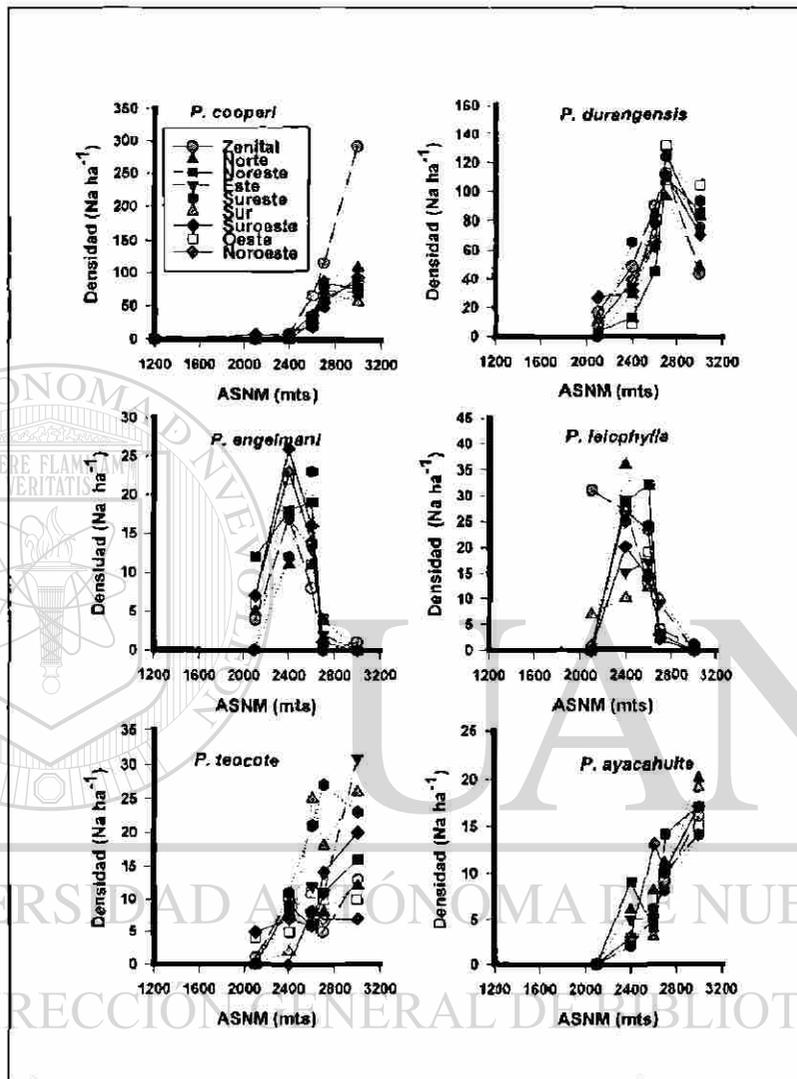


Figura 7.6. Distribución de densidades en altitudes y exposiciones de las especies del Género *Pinus* mas abundantes en los bosques mixtos e irregulares de Durango, México

En la figura 7.6 se observa que las densidades de *P. cooperi* presentan una variación notoria en las diferentes exposiciones y altitudes del macizo montañoso. En altitudes inferiores a los 2000 msnm esta especie se presenta en muy bajas densidades, sus máximas se localizan principalmente en exposiciones zenitales a las mayores altitudes registradas, con hasta 300 árboles ha<sup>-1</sup>. En exposiciones norte, las densidades son bajas con 80 árboles ha<sup>-1</sup>. El *P. durangensis* presenta una menor

uniformidad en cuanto a densidad en las diferentes exposiciones y altitudes de la cadena montañosa, las máximas densidades se observan en los 2700 msnm con 130 árboles  $\text{ha}^{-1}$  prefiriendo exposiciones oeste y noroeste. Las exposiciones norte parecen limitar la densidad de ésta especie, posiblemente porque la especie prefiere temperaturas mayores y no es tan tolerante a la sombra. En sitios con altitudes bajas las exposiciones suroeste, zenital y sureste se presentan las máximas densidades, en comparación con el *P. cooperi*, el *P. durangensis* en altitudes altas prefiere exposiciones sur y derivados, mientras que el primero se domina mejor en exposiciones zenital, norte y derivados. El *P. engelmannii* parece tener sus óptimas densidades en los 2400 msnm, principalmente en exposiciones suroeste y noroeste con un promedio de 25 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , y las menores en el norte y sureste con un promedio de 10 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , después de esta altitud la especie ya no parece adaptarse adecuadamente a las menores temperaturas y mejores balances hidrológicos (Figura 7.9). El *P. leiophylla* comparte en densidad con el *P. engelmannii* en los 2400, pero la primera especie prefiere exposiciones norte y derivados en donde puede desarrollar hasta 30 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ; la exposición sur parece no ser la adecuada para el desarrollo de esta especie. El *P. teocote* y el *P. ayacahuite* presentan una tendencia diferente a las anteriores, en lugares altos prefieren sitios con mayor intensidad de luz como lo son las exposiciones sur y este, aunque el segundo tolera mejor exposiciones más húmedas como la norte, quizás también porque sea una especie tolerante a la sombra. En relación a lo anterior los resultados avalan los comentarios de varios autores (Fisher et al., 1995; Villers y Ruiz, 1998 y García y González, 1998) que los cambios climáticos han ocasionado cambios en la composición de especies y desplazamientos de la vegetación de clima templado hacia el norte y hacia mayores elevaciones. En este sentido el *P. cooperi* es una de las especies que tendrá problema, ya que su máxima distribución se encuentra en el último gradiente altitudinal.

En el anexo 2 de este capítulo se muestran las densidades de las especies del género *Pinus* más abundantes en los bosques mixtos e irregulares de Durango México.

### 7.5.3 Distribución del género *Quercus*

El género *Quercus spp* se distribuye ocupando el segundo lugar en abundancia con 61 árboles  $ha^{-1}$ . Este género presenta sus máximas densidades en altitudes que van desde los 1200 hasta los 2400 msnm, con un promedio y desviación estándar de 91 y 27 árboles  $ha^{-1}$ , respectivamente. En altitudes que van desde los 2400-2700 msnm, se observa un promedio de 50 árboles por hectárea con desviación estándar de 7 árboles  $ha^{-1}$ . Las densidades mas bajas se encuentran arriba de los 2600 msnm con tan solo 35 árboles  $ha^{-1}$ .

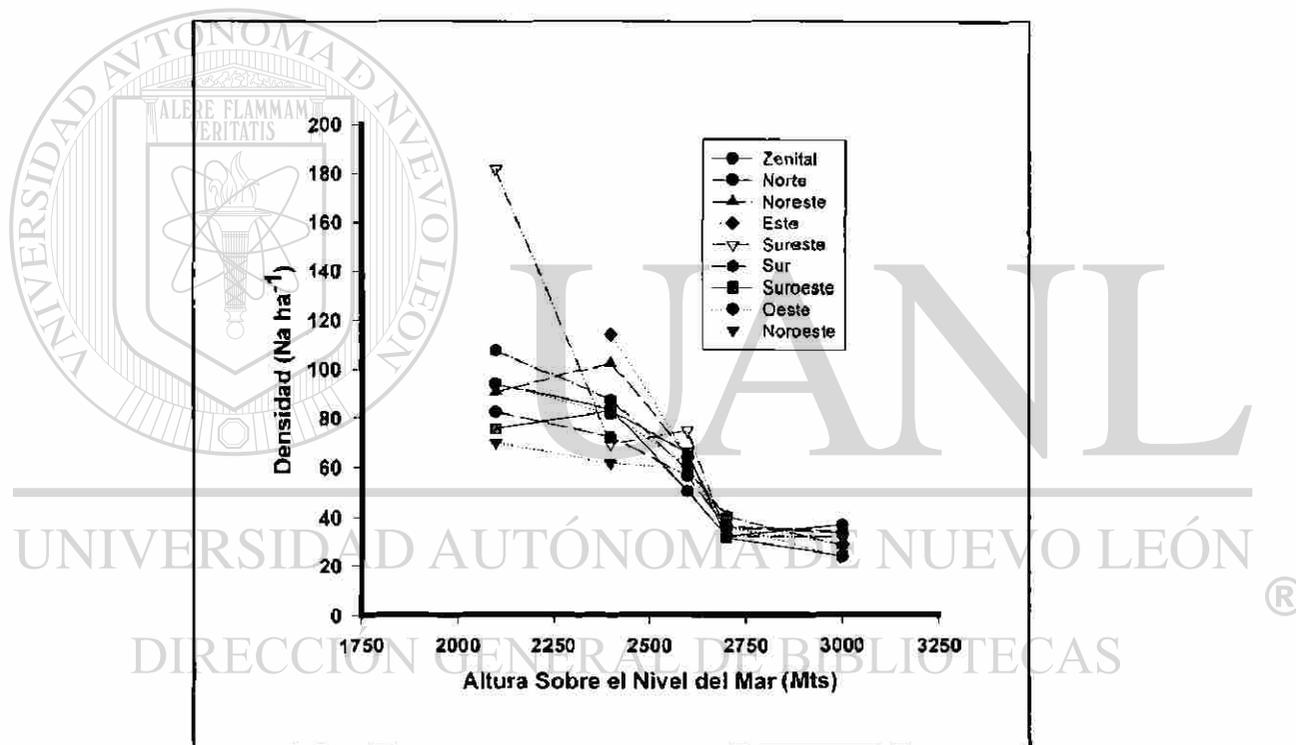


Figura 7.7 Densidades del género *Quercus* en bosques Mixtos de Durango, México para diferentes exposiciones y gradientes altitudinales

En la gráfica anterior se puede observar que el encino prefiere las exposiciones sur y derivados en altitudes bajas. En altitudes altas, donde es menos abundante, (2600-3000 msn) sus densidades mayores no son diferentes en términos estadísticos entre las exposiciones. La máxima densidad se encuentra en los 2100 msnm. Esto indica que las altitudes de máxima densidad, donde se distribuyen los encinos, se localiza tal vez por debajo de los 2000 msnm.

### 7.5.3.1 Distribución de los principales grupos del género *Quercus*

El género *Quercus* está representado por aproximadamente 20 especies en los bosques de Durango México (INEGI,1992), las cuales no han sido perfectamente identificadas. Sin embargo para objetivos de manejo las clasifican en tres grupos: *Quercus* de hoja chica, con un promedio de 13 árboles por hectárea, *Quercus* de hoja mediana, la cual ocupa las mayores densidades de éste género con 40 árboles por hectárea y el *Quercus* de hoja grande con tan solo 2 árboles por hectárea (Figura 7.8).

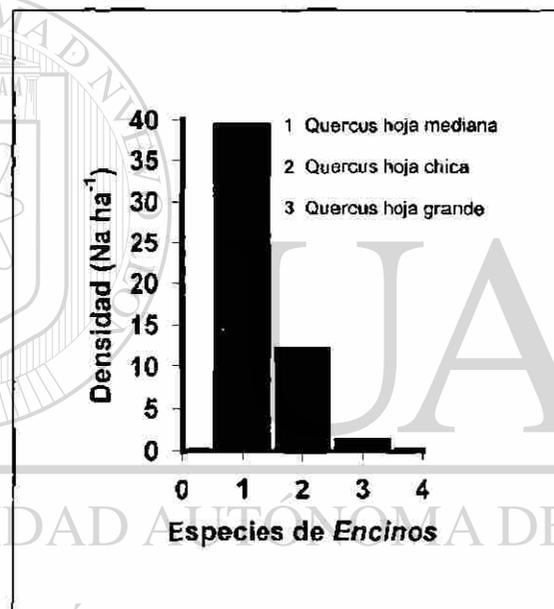


Figura 7.8 Densidad de las especies de encino más abundantes en bosques mixtos e irregulares de Durango, México.

Los resultados de éste trabajo indican que este tipo de vegetación se encuentra presente en las diferentes altitudes del sistema montañoso del Estado. Se observó que el *Quercus* de hoja mediana es la mas abundante desde los 1200 hasta los 2700 msnm con un promedio de 60 árboles por hectárea, el *Quercus* de hoja chica es la segunda especie de encino más distribuido con 13 árboles por hectárea, la cual se desarrolla mejor en altitudes superiores a los 2700 msnm, en donde es la especie dominante en

su género. Las especies de *Quercus* de hoja grande es la menos densa con 3 árboles por hectárea (ver anexo 3 de este capítulo).

En las gráficas anteriores y anexo 3 del capítulo VII se muestra que la máxima densidad de encinos se encuentra entre los 1600 a 2100 msnm, representados por el *Quercus* de hoja mediana con 70 árboles por hectárea. Se observa también que a medida que la altitud se incrementa, la densidad de encinos disminuye y la especie más abundante (*Quercus* de hoja mediana) disminuye en densidad. El *Quercus* de hoja chica prefiere altitudes altas, siendo el grupo más abundante de este género.

**Cuadro 7.5 Densidad del género *Quercus* en diferentes altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares de Durango, México**

EXPOSICION	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (msnm)				
	1200-2100	2100-2400	2400-2600	2600-2700	2700-3000
Zenital	94	83	50	32	37
Norte	82	72	56	36	34
Noreste	90	102	64	36	34
Este	85	114	64	36	29
Sureste	182	69	75	32	32
Sur	107	87	59	40	29
Suroeste	75	83	66	31	24
Oeste	94	81	61	37	23
Noroeste	70	62	59	35	31

En el análisis específico de especies individuales del género *Quercus* (Figura 7.9) se muestra que el encino de hoja chica se presenta en casi todas las exposiciones en los diferentes gradientes altitudinales. El encino de hoja grande tiene su densidad mejor distribuida en altitudes que van desde los 2000-2400 msnm y luego las densidades disminuyen. Sin embargo esto no sucede con el encino de hoja mediana, ya que la tendencia indica que sus densidades aumentan a medida que se incrementa en altitud se hace presente en todas las exposiciones de los gradientes altitudinales.

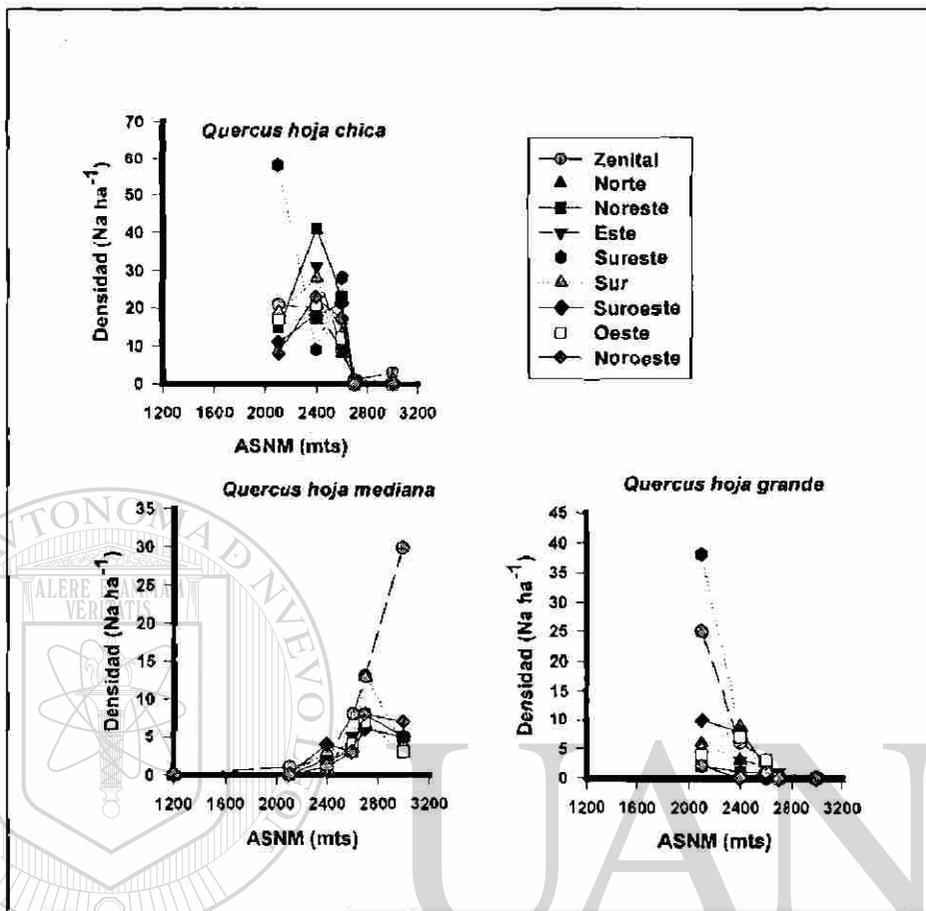


Figura 7.9 Densidad de los grupos de encino dominantes en bosques mixtos e irregulares de Durango, México en exposiciones y gradientes altitudinales

El encino de hoja chica se adapta mejor en los 2400 msnm, principalmente en exposiciones noreste y este con 50 y 40 árboles por hectárea, respectivamente. Después de los 2800 msnm el encino de hoja grande ya no se adapta, las exposiciones noroeste y suroeste parecen ser menos preferidas por los encinos de hojas chicas. *Quercus* de hojas medianas se encuentran en muy bajas densidades debajo de los 2000 msnm, sin embargo a partir de ésta altitud su densidad se incrementa, pero sólo en exposiciones zenital y noroeste. Los encinos de hoja grande tienen una tendencia completamente inversa a los de hoja mediana, ya que en los 2000 msnm se presentan las mejores densidades, principalmente en exposiciones sudeste y zenital. Este tipo de encinos como se ve en la gráfica 7.9 no se adapta a altitudes mayores de los 2400; observando sus menores densidades en exposiciones noroeste. En el anexo 4 de este

capítulo se muestran las densidades de los grupos de especies del género *Quercus* en bosques mixtos e irregulares de Durango, México.

#### 7.5.4 Distribución de otras hojasas

Existen en los predios algunas especies de otras hojasas con los géneros *Arbutus*, *Alnus*, *Fraxinus* etc. Estos géneros se encuentran presentando bajas densidades, cuya importancia económica es menor ya que se usan con fines de ornato, para leña y construcciones rústicas de casas y corrales. Este grupo de hojasas presenta las máximas densidades en el rango de los 2100-2600 msnm con 15 árboles por ha<sup>-1</sup> y el óptimo con un promedio de 22 árboles por ha<sup>-1</sup> en exposiciones este. También prefieren exposiciones sur y derivados, pero en altitudes inferiores prefieren exposiciones este, mientras que en altitudes elevadas (2700-3000msnm) sus mejores densidades se encuentran en exposiciones noroeste y sureste (anexo 5 de este capítulo).

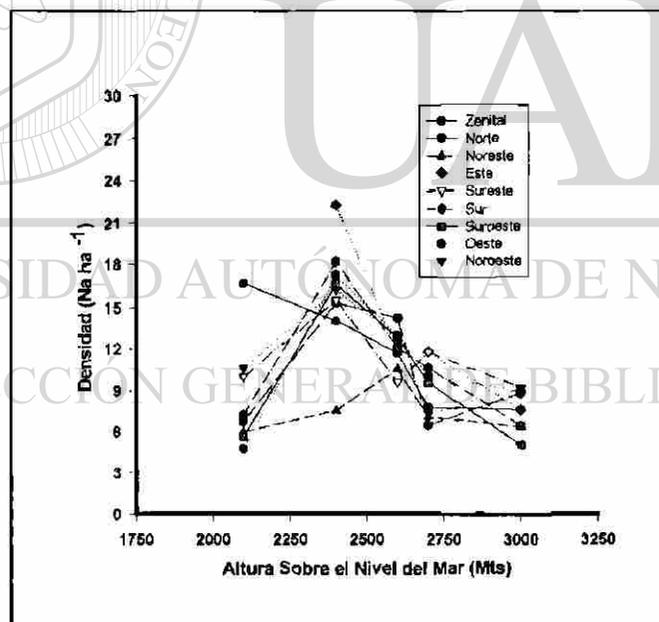


Figura 7.10 Densidades del grupo de otras hojasas en bosques mixtos e irregulares del estado de Durango, México

En la figura anterior se observa que la densidad empieza a bajar en forma suave a medida que se incrementa la altitud después del punto de máxima densidad (2400 msnm).

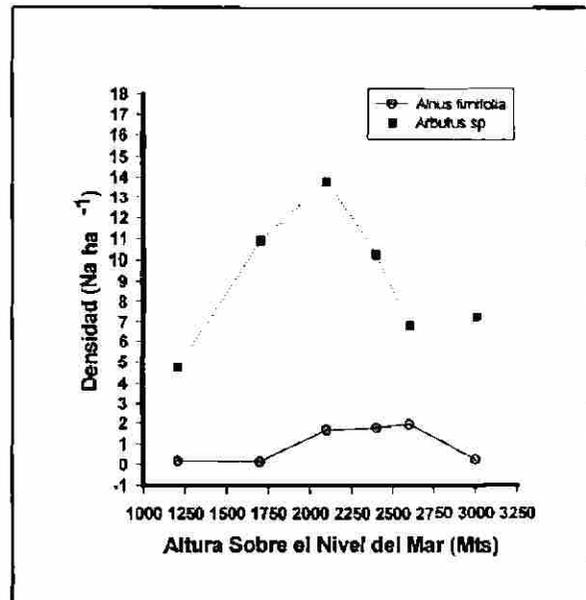
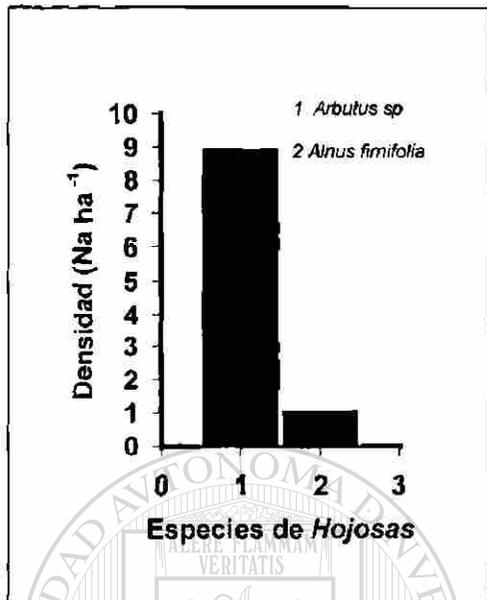
Cuadro 7.6 densidades promedio por rango altitudinal y exposición de el grupo de especies de otras hojosas en bosques mixtos e irregulares de Durango, México

EXPOSICION	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (msnm)				
	1200-2100	2100-2400	2400-2600	2600-2700	2700-3000
Zenital	17	14	12	8	8
Norte	7	15	14	6	9
Noreste	6	8	11	7	6
Este	8	22	12	12	8
Sureste	10	15	10	12	9
Sur	7	18	12	11	6
Suroeste	6	17	13	10	5
Oeste	5	17	13	10	9
Noroeste	11	16	13	7	9

#### 7.5.4.1 Distribución de densidades de las especies más comunes de otras hojosas

Las especies más abundantes de este género resultaron ser el *Arbutus spp* (madrño) y el *Alnus firmifolia* (aliso), la primera con un promedio de 9 árboles por hectárea y la segunda con 1 árbol ha<sup>-1</sup>

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Figuras 7.11 y 7.12 Densidades de las especies más comunes de otras hojosas en bosques mixtos e irregulares de Durango, México.

En la figura 7.11 se puede observar que el *Arbutus* se desarrolla en las diferentes altitudes del sistema montañoso, aunque sea en menor densidad que el género *Pinus* y *Quercus*. Su máxima densidad se localiza en los 2100 msnm con 14 árboles ha<sup>-1</sup>, la curva de densidad disminuye en la misma proporción que cuando aumenta. Las densidades óptimas se localizan entre los 1600 y 2400 msnm con una densidad promedio de 11 árboles ha<sup>-1</sup>. El género *Alnus* prefiere altitudes para su óptimo desarrollo entre los 2100 a 2600 msnm, aunque su densidad no sea significativa con tan solo 2 árboles ha<sup>-1</sup>.

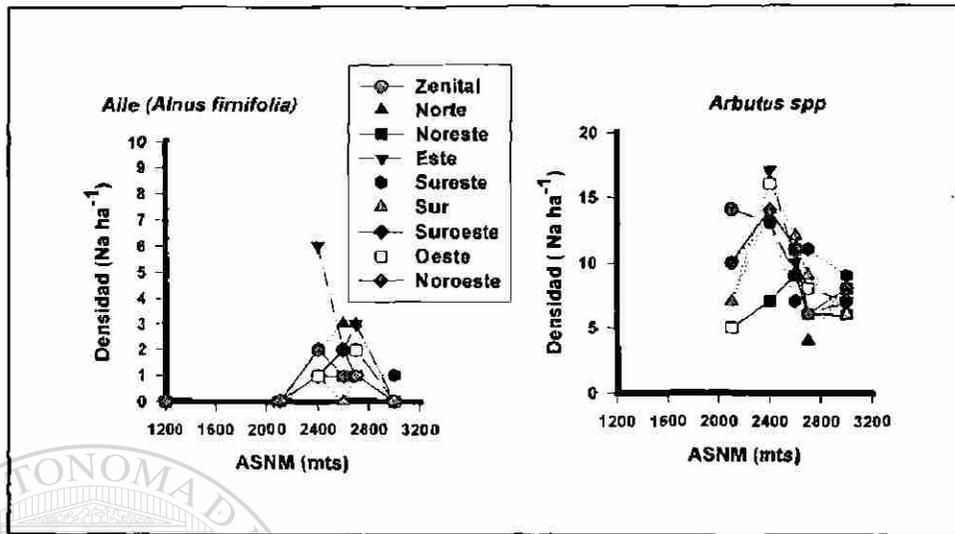


Figura 7.13 Densidad de especies de otras latifoliadas en diferentes exposiciones y perfiles altitudinales en el bosques mixtos e irregulares de Durango, México

En la figura anterior se muestra que el *Aile* prefiere exposiciones norte y este, aunque en altitudes superiores a los 2600 msnm (altura óptima) se encuentra en exposiciones noroeste y sureste en bajas densidades. El género *Arbutus spp* en los 2400 presenta sus óptimas densidades en exposiciones este y oeste, después de esta altura la densidad disminuye, pero se concentra en mejor uniformidad en las nueve exposiciones (ver anexo 6 de este capítulo).

### 7.5.5 Distribución de densidad de otras Coníferas

La densidad promedio y su desviación estándar para otras coníferas fue de 5 y 4 árboles  $ha^{-1}$ , respectivamente. La densidad cambia con la exposición y con la altitud sobre el nivel del mar (Anexo 7 de este capítulo y figuras 7.14 y 7.15). En general, se observa que las exposiciones zenitales poseen la mayor densidad y las exposiciones oeste y sus derivados poseen las menores densidades de otras coníferas. La densidad también incrementa conforme aumenta la altitud sobre el nivel del mar, desde 0.8 árboles  $ha^{-1}$  en los 1650 hasta 6 árboles  $ha^{-1}$  en los 2850 msnm.

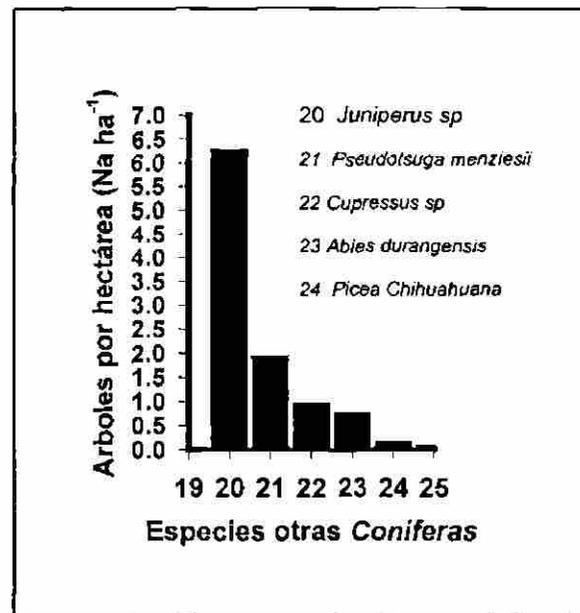
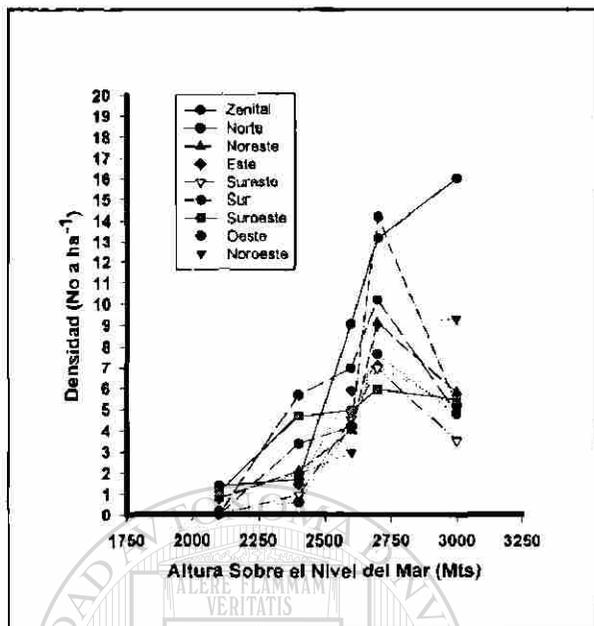


Figura 7.14 (izquierda) Distribución de la densidad de otras coníferas en diferentes altitudes y exposiciones del macizo montañoso de Durango, México.

Figura 7.15 (derecha) Densidad de otras coníferas en bosques mixtos de Durango, México

En la figura 7.15 se observa que las poblaciones de *Cupressus*, *Abies* y *Picea* son menores, por lo que podemos confirmar que los géneros antes mencionados se encuentran listados en la NOM 059-ECOL 1994 bajo alguna categoría especial; principalmente el *Picea*, por lo que es necesario proponer alternativas para su protección. En el cuadro 7.7 se muestran las densidades promedio para diferentes altitudes y exposiciones.

Cuadro 7.7 Densidades promedio para el grupo de otras Coníferas en bosques mixtos e irregulares de Durango, México

EXPOSICION	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (msnm)				
	1200-2100	2100-2400	2400-2600	2600-2700	2700-3000
Zenital	1	2	9	13	.85
Norte	0	6	7	10	5
Noreste	1	2	4	9	6
Este	1	1	6	7	5
Sureste	0	1	4	7	4
Sur	0	3	4	14	5
Suroeste	1	5	5	6	6
Oeste	0	1	4	8	5
Noroeste	1	2	3	9	9

#### 7.5.5.1 Distribución de densidades de las especies mas importantes de otras coníferas

El *Juniperus* se encuentra conviviendo con el género *Pinus* en altitudes superiores a los 1700, rango en el cual se encuentra el grueso de la distribución del pino. Se observa que a medida que se incrementa en altitud, este género coloniza mas superficie, lo que hace suponer que prefiere sitios altos. Los demás géneros presentan densidad menos notoria de tan solo 1 árbol por ha<sup>-1</sup>. En el anexo 8 de este capítulo se puede observar que los géneros *Pseudotsuga*, *Cupressus* y *Abies* se desarraollan moderadamente mejor que el *Juniperus* en el rango de 1600-2100 msnm.

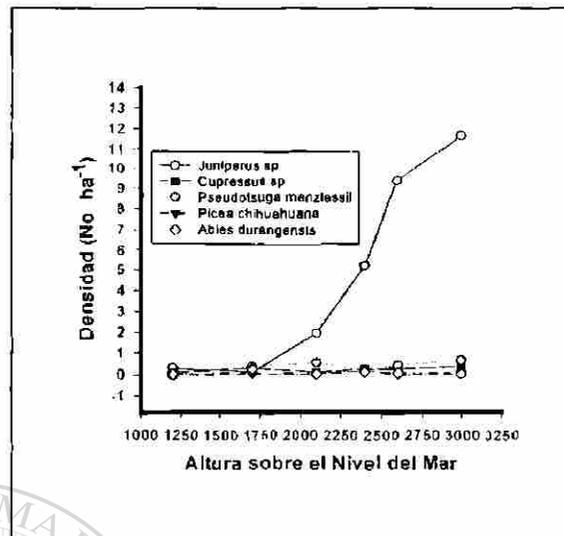


Figura 7.16 Distribución de las especies de otras coníferas en las diferentes altitudes de Bosques mixtos e irregulares de Durango, México

El análisis de especies individuales para este grupo de coníferas se hizo solo para el género *Juniperus*, por ser el más importante en cuanto a densidad. En la figura 7.17 se observa la tendencia del género *Juniperus* en la diferentes altitudes y exposiciones.

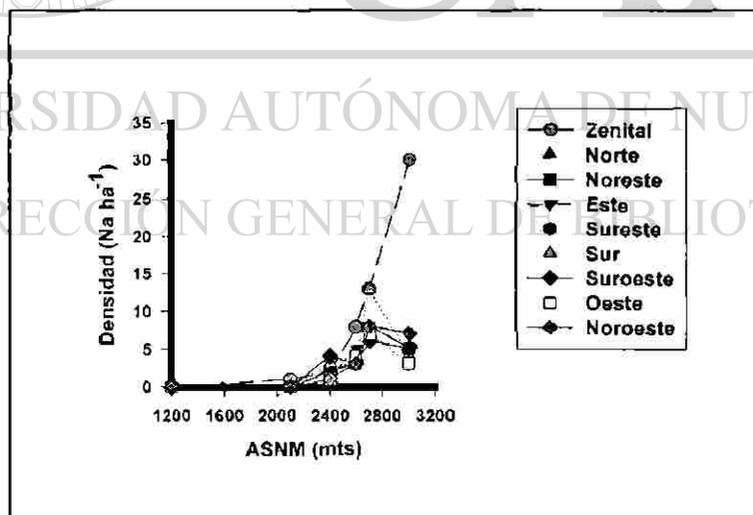


Figura 7.17 Densidad del género *Juniperus* en diferentes altitudes y exposiciones de los bosques mixtos e irregulares de Durango, México.

En la figura anterior se observa que en altitudes inferiores a los 2000 msnm el *Juniperus* ocupa superficies muy pequeñas. Sin embargo arriba de esta altitud el

género incrementa su densidad, prefiriendo exposiciones zenitales, noroeste y noreste. En altitudes superiores a los 2700 msnm se adapta esencialmente a exposiciones zenitales.

Los resultados para otras coníferas concuerdan con la lista de especies de flora terrestre y acuática raras, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial y sus endemismos en la República Mexicana, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de mayo de 1994, en donde las especies amenazadas en los bosques del área de estudio, se encuentran el *Picea chihuahuana* (Cahuite) y el *Cupressus lindleyi* (Cedro blanco).

### 7.5. Densidad, dominancia, frecuencia y valor de importancia

Los parámetros ecológicos de densidad relativa, dominancia relativa, frecuencia relativa y valor de importancia mostraron que el *encino de hoja mediana*, el *Pinus cooperi* y el *Pinus durangensis* son las especies de mayor valor de importancia de la comunidad de bosques mixtos e irregulares del Salto, el *Pico de pájaro*, *Picea Chihuahuana* y Cedro blanco (*Cupressus sp*) mostraron el menor valor de importancia en todos estos parámetros (Cuadro 8.9). El encino como se puede observar juega un papel ecológico muy importante como puede observarse, ya que se le encontró en el 95% de todos los rodales analizados, lo que puede significar que esté formando una especie de simbiosis o nodriza con las especies del género *Pinus*.

Cuadro 7.8 Observaciones ecológicas en bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México

Clave de manejo	Especie	Densidad Relativa (%)	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	Valor de importancia
31	<i>Encino hoja mediana</i>	25.466	21.636	17.026	64.127
01	<i>Pinus cooperi</i>	16.597	23.314	11.461	51.372
02	<i>Pinus durangensis</i>	14.147	16.820	12.090	43.057
04	<i>Pinus leiophylla</i>	9.788	9.885	11.361	31.034
06	<i>Pinus teocote</i>	7.991	10.005	10.103	28.099
51	<i>Arbutus spp.</i>	4.103	2.250	9.821	16.175
08	<i>Pinus. ayacahuite</i>	5.139	3.913	5.681	14.732
05	<i>Pinus. herrera</i>	3.354	2.571	2.799	8.724
07	<i>Pinus lumholtzii</i>	2.739	1.822	2.700	7.260
32	<i>Encino hoja grande</i>	2.466	1.481	2.816	6.763
10	<i>Pinus douglasiana</i>	1.786	1.447	2.054	5.287
30	<i>Encino hoja chica</i>	1.318	1.292	2.633	5.243
20	<i>Juniperus spp</i>	1.016	0.423	3.511	4.950
09	<i>Pinus oocarpa</i>	1.363	1.242	1.491	4.095
11	<i>Pinus michoacana</i>	0.963	1.025	1.524	3.512
50	<i>Alnus foeniculifolia</i>	1.043	0.227	1.507	2.776
03	<i>Pinus engelmannii</i>	0.464	0.380	0.828	1.672
13	<i>Pinus maximinoi</i>	0.072	0.138	0.166	0.375
22	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.085	0.055	0.083	0.223
62	<i>Clethra sp</i>	0.024	0.026	0.050	0.100
54	<i>Margarita</i>	0.021	0.028	0.050	0.098
87	<i>huizache</i>	0.027	0.006	0.050	0.082
63	<i>Curnus diseiflora</i>	0.003	0.007	0.033	0.043
59	<i>Prunus capulli</i>	0.004	0.001	0.033	0.039
58	<i>Magnolia schediana</i>	0.004	0.006	0.017	0.027
60	<i>Aguacatillo</i>	0.004	0.001	0.017	0.022
57	<i>Ostrya virginiana</i>	0.003	0.001	0.017	0.020
55	<i>Cedrela odorata</i>	0.001	0.001	0.017	0.019
12	<i>Pinus chihuahuana</i>	0.001	0.001	0.017	0.019
21	<i>Cupressus sp</i>	0.001	0.000	0.017	0.018
23	<i>Picea Chihuahuana</i>	0.001	0.000	0.017	0.018
61	<i>Pico de pájaro</i>	0.001	0.000	0.017	0.018

En los anexos 9, 10, 11 y 12 de este capítulo se puede observar los parámetros ecológicos de densidad, dominancia en área basal, frecuencia relativa y valor de importancia para cada una de las especies en orden de importancia.

### 7.5.7 Ordenación de sitios, especies y variables ambientales

La inercia total, una medida de la variación total, se aproximó a 3.685 y la suma de todos los eigenvalores canónicos fue 0.378. Los primeros tres ejes tuvieron eigenvalores de 0.315, 0.031 y 0.022, respectivamente. Es notoria la baja variación explicada por el primer eje (8.6%) y esta disminuye marcadamente en el resto de los demás eigenvalores (0.80%, 0.60% y 0.30%, respectivamente). Sin embargo, la prueba de permutación de Monte Carlo mostró que todos los ejes canónicos fueron estadísticamente significativos ( $P=0.005$ ). Las correlaciones entre las especies y las variables ambientales fueron 0.72, 0.66 y 0.40 para los tres primeros ejes canónicos, respectivamente, mostrando relaciones fuertes entre ejes canónicos extraídos de especies, sitios y variables ambientales.

La matriz de correlaciones entre las variables ambientales no mostró problemas fuertes de multicolinealidad porque sus valores más altos alcanzaron 0.54 entre la altitud sobre el nivel del mar y el índice de deterioro. Por esta razón, la interpretación de la asociación entre los ejes canónicos y las variables ambientales tienen certeza estadística. El primer eje canónico mostró una relación fuerte con la altitud sobre el nivel del mar (0.68) y una baja asociación negativa con la pendiente (-0.33) y el índice de deterioro (-0.27). Este eje mostró un gradiente altitudinal característico del centro sur de la Sierra Madre Occidental, en donde aparecen primero las especies de encino de hoja grande junto con algunas especies de pino como el *P. oocarpa*, *P. douglasiana*, encinos de hoja chica, *P. engelmanni*, *P. maximoi*, *P. leophylla* y *P. michoacana* en las partes bajas de la Sierra, a ambos lados; oriental y occidental del macizo montañoso, hasta alcanzar en las partes más altas las especies *P. cooperi*, *Psudotsuga mensienzi*, *Pinus durangensis* y *Abies durangensis* (Figura 7.18). Las especies que se localizan en las partes medias son los encinos de hoja mediana, *Arbutus* spp, *Pinus teocote*, *Cupressus* spp y *Pinus herrerae*.

El segundo eje canónico estuvo asociado también a las variables ambientales altitud sobre el nivel del mar (0.61) y en forma negativa con la pendiente (-0.33). La

dispersión de las especies en esta nueva dirección estuvo generalmente asociada a las vertientes occidentales a orientales de la Sierra Madre. Por ejemplo, en la parte occidental se ubican *P. michoacana*, *P. maximinoi* y *P. herrerae*, mientras que en la vertiente oriental se localizan *P. chihuahuana*, *P. engelmannii* y *P. leiphylla*. Excepciones, explicadas por otras variables tales como exposición y suelo, presentan las especies *P. douglasiana* y *P. oocarpa*, las cuales parecen ubicarse también en el flanco oriental de la Sierra Madre (Figura 7.18).

### 7.5.8 Clasificación de sitios y especies, explicadas por variables ambientales.

El análisis cluster aplicado a la matriz de datos sin transformar discriminó en una mejor forma los diferentes grupos de especies y sitios encontrados en los bosques de la Sierra Madre Occidental del centro sur de Durango, México. Los primeros tres eigenvalores explicaron por arriba del 80% de la variación total. Este análisis aplicado a la matriz de datos con el índice de Jaccard mostró una menor discriminación porque los primeros tres eigenvalores alcanzaron a explicar solo el 30% de la variación total. Esto se debe a que este índice solo considera la presencia- ausencia de las especies en los sitios, sin considerar el peso específico de la abundancia de cada especie. Las interpretaciones realizadas se encuentran dadas por el primer análisis descrito, el cual mostró mayor discriminación entre grupos de sitios y especies. La densidad promedio de árboles por especie y por grupo se reportan en los Cuadro 7.9 y 7.10.

Cuadro 7.9 Estadísticos promedio de la densidad (número de árboles promedio por hectárea) por especie de pináceas y por grupo emergentes del análisis de conglomerados realizado para 1554 sitios con 23 especies en bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental del centro – sur de Durango, México

Grupo	F(x)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
1	250	157	44	1	3	0	4	0	10	0	0	0	0	0
2	334	24	225	1	8	0	10	0	8	0	0	0	0	0
3	509	3	17	20	24	3	9	4	4	2	0	1	3	0
4	373	43	94	3	7	0	15	0	9	0	0	0	0	0
5	76	302	11	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	0
6	12	45	556	0	14	1	15	0	10	1	0	0	0	0

F(x)= Frecuencia absoluta, P1= *Pinus cooperi*, P2=*Pinus durangensis* P3=*Pinus engelmannii*, P4=*Pinus leiphylla*, P5=*Pinus herrerae*, P6=*Pinus leocote*, P7=*Pinus lumholtzii*, P8=*Pinus ayacahuite*, P9=*Pinus oocarpa*, P10=*Pinus douglasiana*, P11=*Pinus michoacana*, P12=*Pinus chahuahuana*, P13=*Pinus maximinoi*.

**Cuadro 7.10 Estadísticos promedio de la densidad (número de árboles promedio por hectárea) por especie de otras coníferas y hojosas y por grupo emergentes del análisis de conglomerados realizado para 1554 sitios con 23 especies en bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental del centro – sur de Durango, México**

Grupo	F(x)	J1	C1	PS1	PI1	A1	Q1	Q2	Q3	A1	Ar1
1	250	16.61	0.20	0.04	0.36	0.05	0.85	24.02	0.12	0.50	2.54
2	334	3.03	0.16	0.10	0.03	0.02	0.22	38.05	1.04	4.48	11.34
3	509	1.35	0.21	0.39	0.00	<b>0.18</b>	<b>24.63</b>	52.98	<b>4.03</b>	0.76	12.56
4	<b>373</b>	7.06	<b>0.44</b>	<b>0.42</b>	0.00	0.03	0.95	38.37	0.64	1.66	7.55
5	76	<b>19.72</b>	0.07	0.00	0.00	0.04	0.36	9.92	0.00	0.25	0.89
6	12	2.17	0.42	0.00	<b>0.42</b>	0.00	1.17	<b>56.42</b>	1.42	<b>9.67</b>	<b>18.33</b>

F(x)= Frecuencia absoluta, J1= *Juniperus spp*, C1=*Cupressus spp*, PS1=*Psuedotsuga spp*, PI1=*Picea spp*, A1=*Abies spp*, Q1=*Quercus de hoja chica*, Q2=*Quercus de hoja mediana*, Q3=*Quercus de hoja grande*, A1=*Alnus spp*, Ar1=*Arbutus spp*.

Los estadísticos promedio de las variables físicas del sitio de los sitios clasificados previamente con la matriz de especies x sitios, a través de un análisis de conglomerados, se presentan en el Cuadro 7.11.

**Cuadro 7.11 Estadísticos promedio de los parámetros físicos del sitio por grupos emergentes del análisis de conglomerados realizado para 1554 sitios con 23 especies en bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental del centro – sur de Durango, México**

Grupo	F(x)	ASNM	P	EXP	CO	TXT	MP	MO	OC	EL	ECN	ECA	ID
1	250	2615	16	1	2	5	1	1	2	0	0	0	3
2	334	2587	20	0	2	5	1	1	2	0	0	0	7
3	509	2376	32	0	2	5	1	1	1	0	0	0	11
4	373	2607	24	0	2	5	1	1	1	0	0	0	11
5	76	2630	14	1	2	5	1	1	1	1	0	0	4
6	12	2593	15	0	2	5	1	1	4	1	0	0	7

F(x)= Frecuencia absoluta, ASNM= Altitud sobre el nivel del mar (m), P= pendiente (%), EXP=exposición, MP= Material predominante, MO= Materia orgánica, OC= Ocochal o mantillo orgánico, EL= Escorrentía laminar, ECN= Escorrentía en canalillos, ECA= Escorrentía en cárcavas, ID= Índice de deterioro.

Grupo 1. Son rodales caracterizados por bosques mixtos que ocupan el 16% de la superficie muestreada. En estos bosques domina *P. cooperi*, en los cuales el *P. ayacahuite* se encuentra también cerca de su máxima densidad reportada. También se observan especies como el *Juniperus spp* y *Picea spp* dentro de sus máximas densidades reportadas. Estos bosques se localizan preferencialmente a una altitud sobre el nivel del mar promedio de 2615 m, en pendientes moderadas (15%), en exposiciones preferencialmente norte y zenital, en suelos con textura arenosa y limo – arenosa, en sitios con índice de degradación baja.

Grupo 2. En este tipo de bosque se agruparon 334 rodales o el 21.5% de la superficie inventariada. Este bosque se caracteriza por ser mixto en esencia, aunque domina el *P. durangensis*, con *P. ayacahuite* cerca de su máxima densidad registrada y *Quercus* de hoja mediana con densidades importantes presentes. Este tipo de asociación forestal se localiza a una altitud sobre el nivel del mar promedio de 2580 m, con pendientes promedio un poco más fuertes que el anterior tipo de bosque (20%), y exposiciones preferencialmente norte y sus derivadas y mayormente zenitales, en suelos con textura arenosa a franco – arenosa, en sitios clasificados con degradación baja.

Grupo 3. En este tipo de bosque se agruparon 509 sitios o el 32.7% de la superficie inventariada. En este tipo de bosque dominan varias especies con sus máximas densidades registradas como son, en orden de importancia: *Quercus* de hoja chica, *P. engelmannii*, *Quercus* de hoja mediana, *P. lumholtzii*, *P. herrerae*, *P. oocarpa*, *P. michacana*, *P. chihuahuana* y *P. maximinoi*. En este tipo de bosque *Abies spp* alcanza su máxima densidad registrada. También *Quercus* de hoja mediana se encuentra cerca de su máxima densidad (53 árboles por hectárea). Por esta razón, estos bosques podrían ser considerados como bosques de encino. Estos bosques se localizan a una altitud sobre el nivel del mar promedio de 2370 m, característicos de altitudes más bajas en sus dos vertientes occidental y oriental del macizo montañoso. Las pendientes dominantes promedio oscilan en 32%, en exposiciones zenitales y sur y sus derivadas, preferencialmente. La textura de los suelos es consistentemente areno - limosa. Los bosques se ubican en sitios con degradación baja, aunque con el mayor registro de degradación de los bosques inventariados.

Grupo 4. Bosques mixtos con presencia de otras coníferas. Se agruparon 373 rodales, con el 24% de la superficie forestal inventariada. Domina el *P. durangensis*, seguido por *P. cooperi*, pero las pináceas *P. teocote* y *P. ayacahuite* y otras coníferas *Cupressus spp* y *Pseudotsuga spp* registran sus máximas densidades. Estos bosques se distribuyen a altitudes sobre el nivel del mar promedio de 2610 m, con pendientes promedio de 24% y exposiciones predominantemente zenitales, sur y derivadas del sur. La

textura de los suelos se caracteriza por ser limo – arcillosa. Los bosques se desarrollan en sitios con degradación baja.

Grupo 5. Bosques puros de *P. cooperi*. Este tipo de bosques contiene solo el 5% de la superficie forestal inventariada y *P. cooperi* alcanza sus máximas densidades. Aquí *Juniperus spp* también alcanza su densidad óptima también. Otras pináceas, coníferas y latifoliadas han reducido considerablemente sus densidades. Los bosques puros de *P. cooperi* se desarrollan en las mayores estribaciones de la sierra, las altitudes promedio registradas son de 2630m, con pendientes moderadas (13%), en sitios con exposiciones preferencialmente zenitales, norte y las derivadas del norte. Los suelos típicos de estos bosques se caracterizan por ser texturalmente limo – arenosos y limo – arcillosos, con índices de degradación bajos.

Grupo 6. Bosques puros de *P. durangensis*. Este tipo de bosques son pocos, con solo 12 rodales encontrados y clasificados, ocupando una superficie de solo el 0.7 % de la superficie total inventariada. El *P. teocote*, *P. ayacahuite*, *Picea spp*, *Quercus* de hoja mediana, *Arbutus spp* y *Alnus spp* alcanzan sus densidades óptimas también aunque por debajo de las densidades registradas por la primera pinácea. Los bosques puros de *P. durangensis* se desarrollan óptimamente a los 2595 m de altitud sobre el nivel del mar. En sitios con pendientes ligeras (15%), con exposiciones preferencialmente zenitales y con degradación baja.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

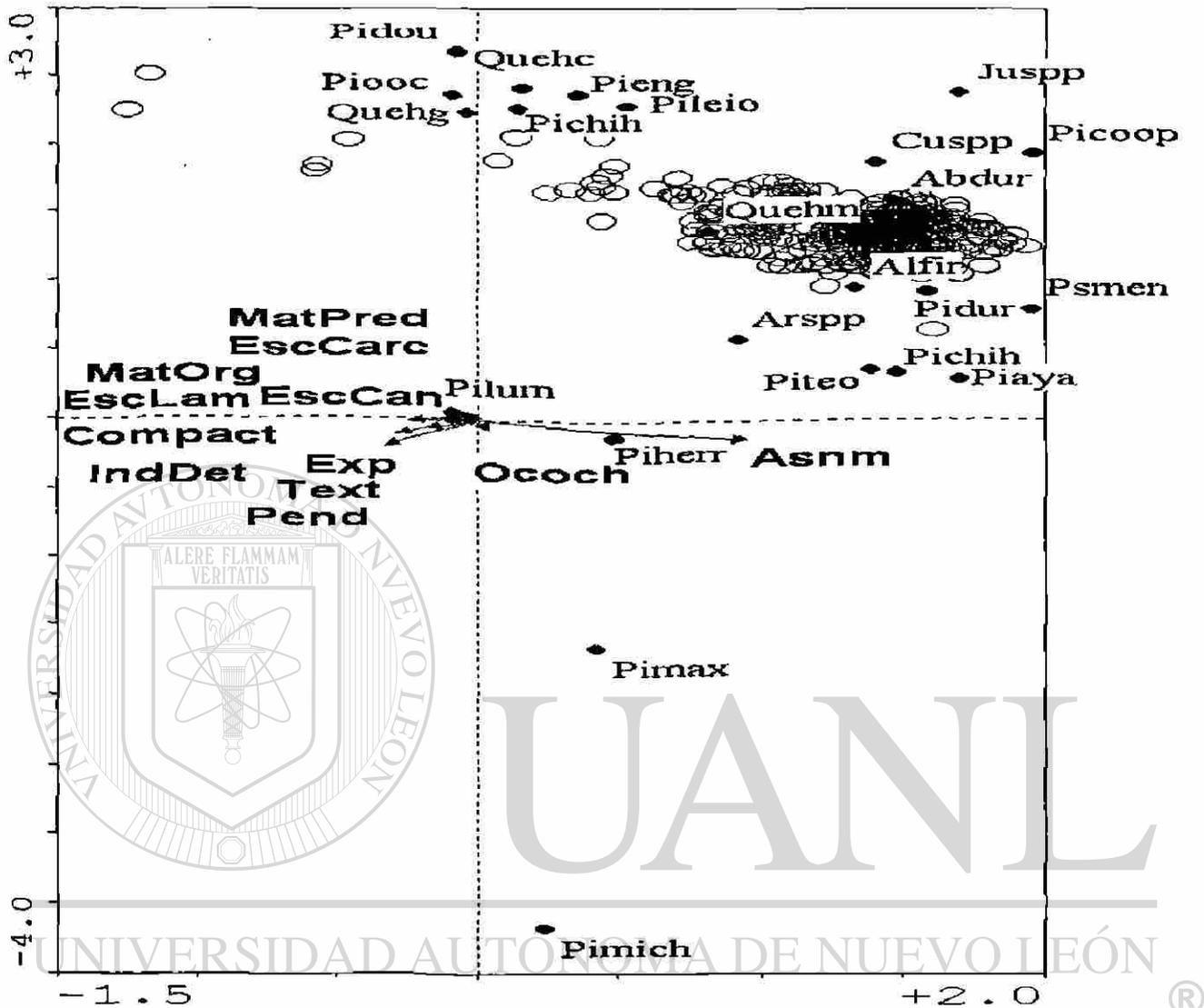


Figura 7.18 Clasificación de sitios y especies, explicadas por variables ambientales de bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental del centro – sur de Durango, México

### 7.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los bosques de clima templado de El Salto son diversos en el estrato arbóreo y arbustivo, ya que se encuentran representados por 13 especies de pináceas de las 55 que hay en México y 24 en el Estado de Durango, 3 grupos de especies del género *Quercus*, 5 géneros de otras coníferas (*Juniperus*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Cupressus* y

*Picea*) y 21 especies de otras hojosas dominando el género *Arbutus spp.*, *Alnus*, *Fraxinus spp.*

La densidad de especies fue muy variable espacialmente y objetivamente la altitud sobre el nivel del mar explicó parcialmente la distribución y abundancia de las especies. Los gradientes de distribución en altitud sobre el nivel del mar se pudieron observar para los géneros de las pináceas pero no para los grupos del género de los *Quercus*.

En general, los géneros *Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Juniperus*, *Cupressus* y *Pseudotsuga* mostraron tendencias a incrementar sus densidades y los encinos a reducir sus densidades conforme se sube en elevación desde los 1200 hasta los 3000 msnm. Los pinos dominan el paisaje desde los a partir de los 2000 msnm, mientras que los encinos lo hacen por debajo de esta altitud. Al parecer los pinos disminuyen su distribución después de los 2700 msnm debido a cambios en el proceso hidrológico y características físicas del suelo.

El análisis de correspondencia canónica mostró que las variables físicas altura sobre el nivel del mar y la pendiente tienen una influencia muy importante en la distribución de las especies. Los resultados del análisis cluster clasificaron los bosques del área de estudio en seis grupos de vegetación, el primer grupo (16% del área muestreada) corresponde a rodales mixtos dominados por *P. cooperi*. En este grupo se encuentran también individuos de otras coníferas de los géneros *Juniperus* y *Picea*. El segundo grupo (21% de la superficie muestreada) son rodales mixtos dominados por *P. durangensis*, seguido por *P. ayacahuite* y encinos de hoja mediana. En tercer grupo (32.7%) se encuentran principalmente especies de encino de hoja chica y mediana y especies de pino no tan comunes como el *P. lumholtzii*, *P. errerae*, *P. ocarpa*, *P. michoacana*, *P. chihuahuana* y *P. maximinoi*. En cuarto grupo (24%) son rodales con *P. durangensis*, *P. cooperi*, *P. ayacahuite* y los géneros *Cupressus* y *Pseudotsuga*. El quinto grupo (5%) son rodales puros de *P. cooperi*, con presencia del género *Juniperus* y el sexto grupo (0.7%) son rodales puros de *P. durangensis* con

presencia del *P. teocote*, *P. ayacahuite*, *Quercus* de hoja mediana, *Arbutus spp* y *Alnus spp*.

## 7.6 BIBLIOGRAFÍA

Ter Braak, C F. 1996. Unimodal Models to Relate Species to Environment. Wageningen Agricultural University, The Netheriands. 262p.

Ter Braak, C. J. And Smilauer, P. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide Canoco for Windows. Center for biometry Wageningen. 351p.

Colinvaux. P. 1973. Introducción a la Ecología. Primera edición. Editorial LIMUSA, Impreso en México. Pp. 587-614

Deleage J. 1991. Historia de la Ecología. Primera edición. Editorial ICARIA. España. Pp 195-202.

Edwards, P. J., May, R. M., Webb, N.R. 1993. Large Scale Ecology and Conservation Biology. Great B. Pp. 191-192.

Enkerlin C. E., et al. 1997. Ciencia ambiental y Desarrollo Sostenible. Primera edición, editorial Thomson, México Pp 181-183, 265-289

Favela, L. S. 1998. Taxonomy of some mexican pines. Thesis submitted for the dgrii of master of science at Oxford University. Pp 1-10.

Flores. O. y Gerez P. 1994. Biodiversidad y Conservación en México vertebrados, vegetación y uso del suelo. Segunda edición. edición técnico Científicas . México. Pp 35-42 140-146.

Franco, J. L., De la cruz, A. G., Rocha R. A., Navarrete, S. N., Flores, M. G., Kato, M., Sánchez, C. S., Abarca, A. L. y Bedia, S.C. 1989. Manual de ecología. Editorial Trillas. México. Pp 93-96.

Franco, L. 1996. Manual de Ecología. Segunda edición. Editorial Trillas. México. Pp 101-114

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. 179p.

- 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. Pp 567-572
- Gauch, H. G. 1980. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press. 294p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1992. Tipos de vegetación de México.
- Krebs. Ch. 1978. ECOLOGIA . Estudio de la distribución y la abundancia. Segunda edición. Editoria HARLA. Impreso en México. Pp 455 - 537.
- Krebs, C. J., 1985. Ecology. The experimental Analysis of distribution and abundance. Harper and Row, New York.
- Martínez, M. 1963. Las Pináceas de Mexicanas. tercera edición., UNAM., Instituto de Biología., México., Pp 8, 9, 28, 77, 220 y 315
- Martínez, M. 1981. Los Encinos de México. Tercera edición., UNAM., Instituto de Biología., México., Comisión Forestal Pp 13 – 20
- Odum, E. P. 1971 . ECOLOGIA. Tercera edición. Editorial Interamericana. Impreso en México. Pp 163-173
- Parker, P. J. 1991. The pines of México and Central América. Timber Press. Pórtland, Oregon, USA. 231p.
- Robles, G. P. 1994. Diversidad de flora mexicana. 129-138 p.
- Rodríguez, T. D. 1989. nociones ecológico forestal. Congreso Forestal mexicano. Pp 581-612
- Rzedowski J., 1978., " Vegetación de México " Primera edición., Editorial LIMUSA., México., Pp 283-313
- Rzedowski. J., L. Vela G. y X. Madrigal S. 1977. Algunas consideraciones a cerca de la dinámica de los bosques de coníferas en México.. Ciencia Forestal Universidad Autónoma de Chapingo .2 (5) 15-35 p.
- Styles. T.B. 1968. Flora neotrópica monograph 75. They New York Botanical Garden Niw York. Inssued, 1997. 391 p.
- Stiles, B. T. 1993. Genus *Pines* : a Mexican purview. New York, USA. Pp 397-420.

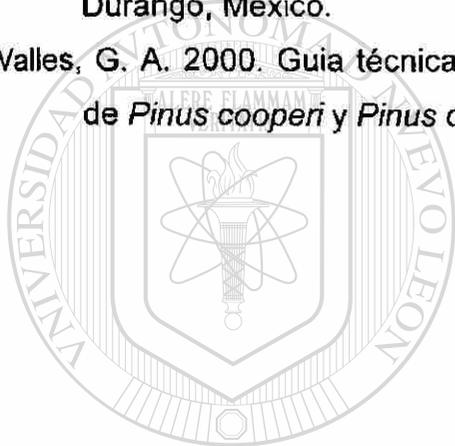
Turk, A., Turk, J. Y Janet, T. 1973. *Ecología Contaminación Medio Ambiente*. Primera edición. Editorial Interamericana. México. P 18-20.

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.

Valles, G. A. 2000. Guía técnica para el manejo de la densidad en bosques naturales de *Pinus cooperi* y *Pinus durangensis*. INIFAP, SAGAR. 15: 22p.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 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 subrodales 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 apocas 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 sucetionl 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 = Volumen, 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. Lo 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]

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

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:

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

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 schiediana</i> )	1	1
10	<i>P. douglasiana</i>	11	47	59	Capulín ( <i>Prunus capulii</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. maximilii</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>OTRAS CONIFERAS</b>		
	<b>QUERCUS</b>				<b>OTRAS HOJOSAS</b>		
Abundanc	sp 1-13	sp 30-32	OTRAS CONIFERAS	OTRAS HOJOSAS	ABUNDANCIA TOTAL (Na $ha^{-1}$ )		
Genero	402	182	sp 20-24	sp >32	632		
			7	41			

\*\*\* 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 41árboles  $\text{ha}^{-1}$ , 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).

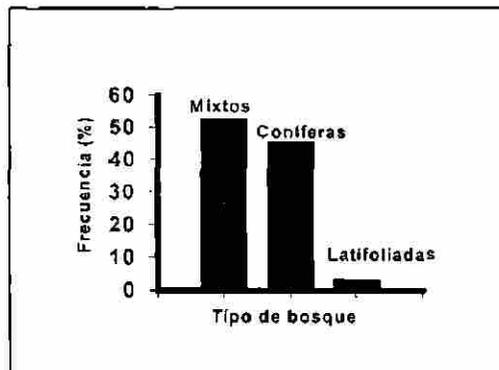
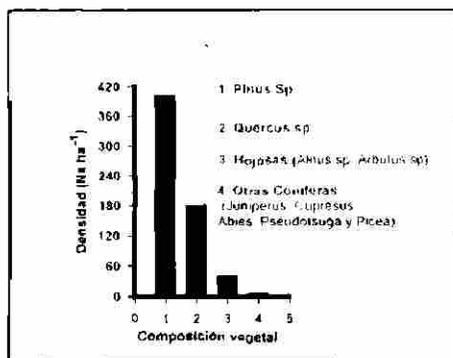


Figura 8.1 (izquierda) Distribución de la abundancia en los tipos de vegetación de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México. Figura 8.2 (derecha) Clasificación de los Bosques de la región del Salto Durango, México

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.

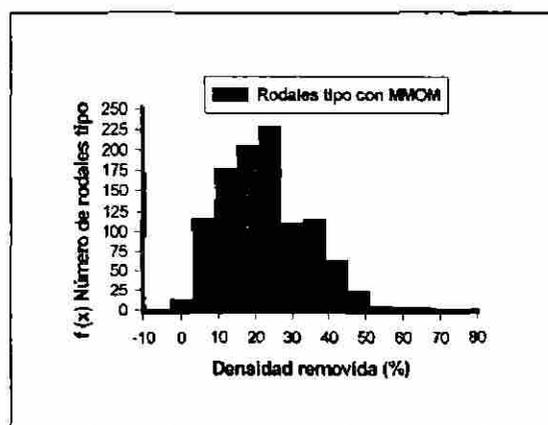
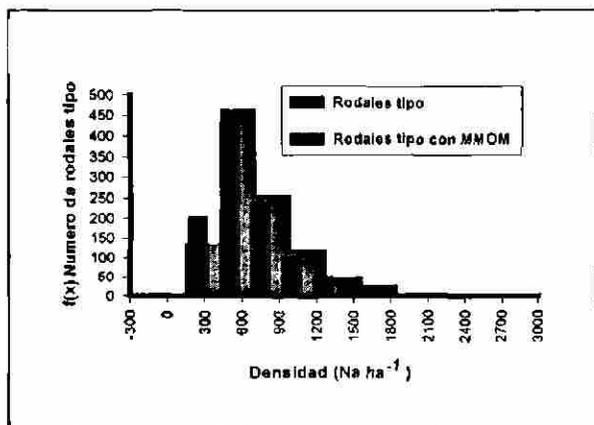


Figura 8.3 (izquierda) Densidad totales de los rodales tipo analizados y simulados con MMOM en bosques mixtos e irregulares de Durango, México. Figura 8.4 (derecha) Porcentaje de individuos removidos con la simulación de MMOM para rodales de Bosques de El Salto, Durango, México

### 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.

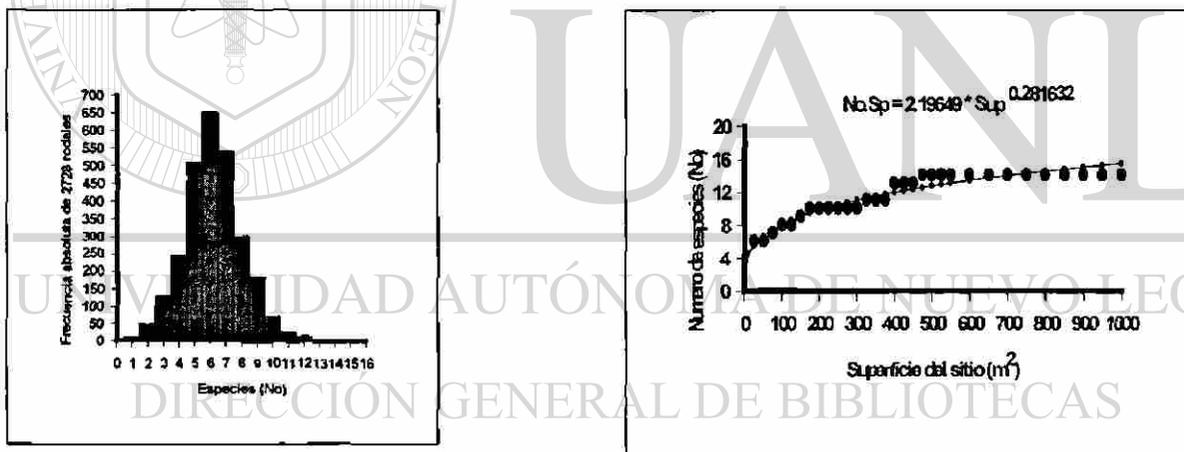


Figura 8.5 (Izquierda) Distribución de frecuencias de la diversidad de especies en 2728 rodales analizados en bosques mixtos e irregulares de la región de El Salto, Durango, México. Figura 8.6 Diversidad – Área en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

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.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

Índice	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	$\chi^2$		$\chi^2$		$\chi^2$	
	Calculado	G.L(n-1) tabulado $\alpha 0.05(n-1)$	Calculado	GL(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.

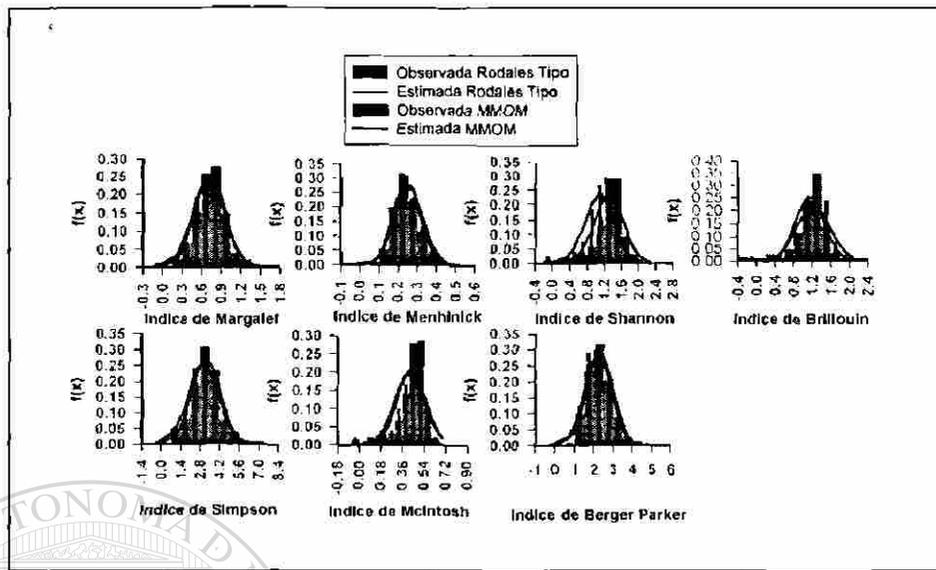


Figura 8.7 Ajuste de la distribución normal de índices de diversidad de rodales mixtos e irregulares de El Salto Durango

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.

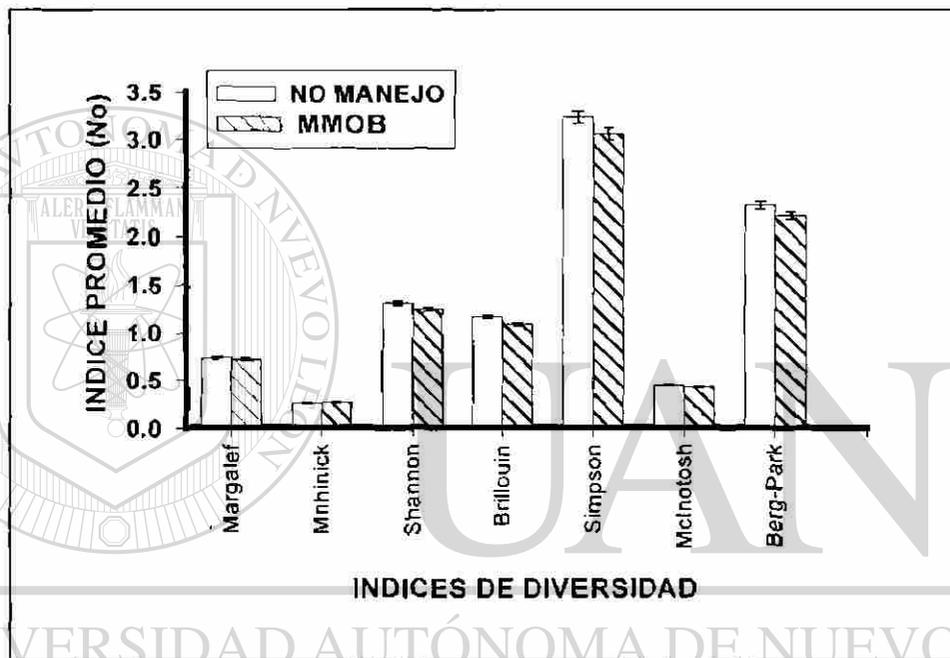


Figura 8.8 Índices promedio de rodales tipo y rodales con MMOM en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

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. durangensis*) 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 índices 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 especie 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 manejados con MMOM, debido a que la abundancia es menor y está mejor distribuida para todas las especies.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



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.

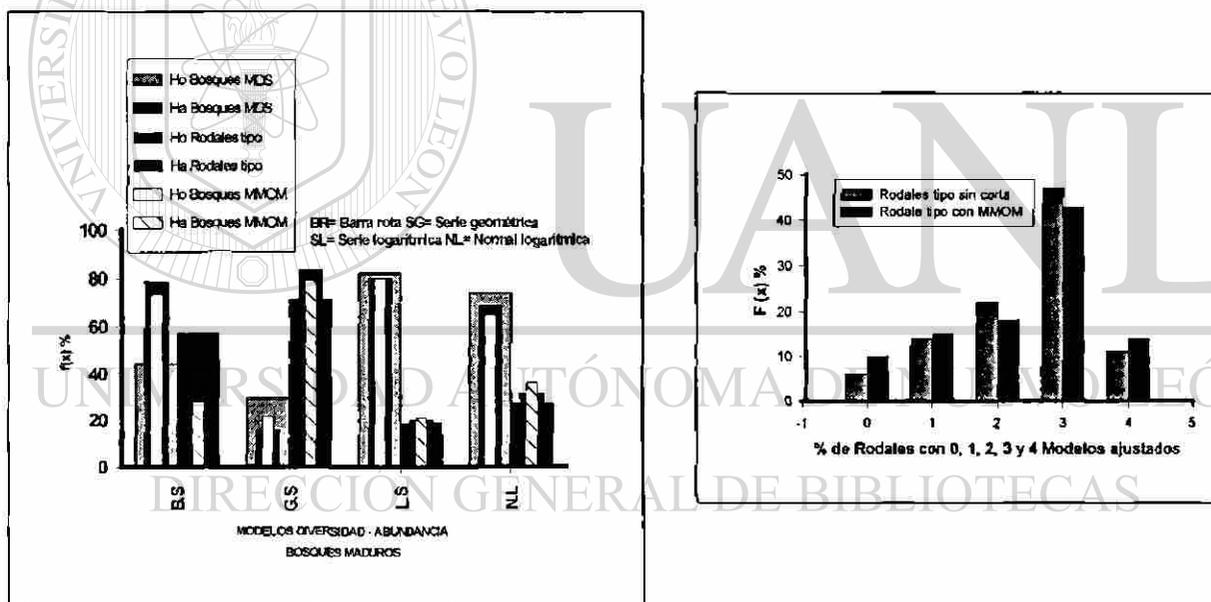


Figura 8.9 (izquierda) Porcentajes de rodales ajustados y no ajustados para cuatro modelos de diversidad abundancia en tres tipos de bosques de la región del Salto Durango Figura 8.10 (derecha) Porcentaje de rodales con 1, 2, 3 o los 4 modelos de diversidad - abundancia ajustados para bosques mixtos 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	$\chi^2$			$\chi^2$			$\chi^2$		
	Calculado	G.L	tablas	Calculado	GL	Tablas	Calculado	G.L	tablas
	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.

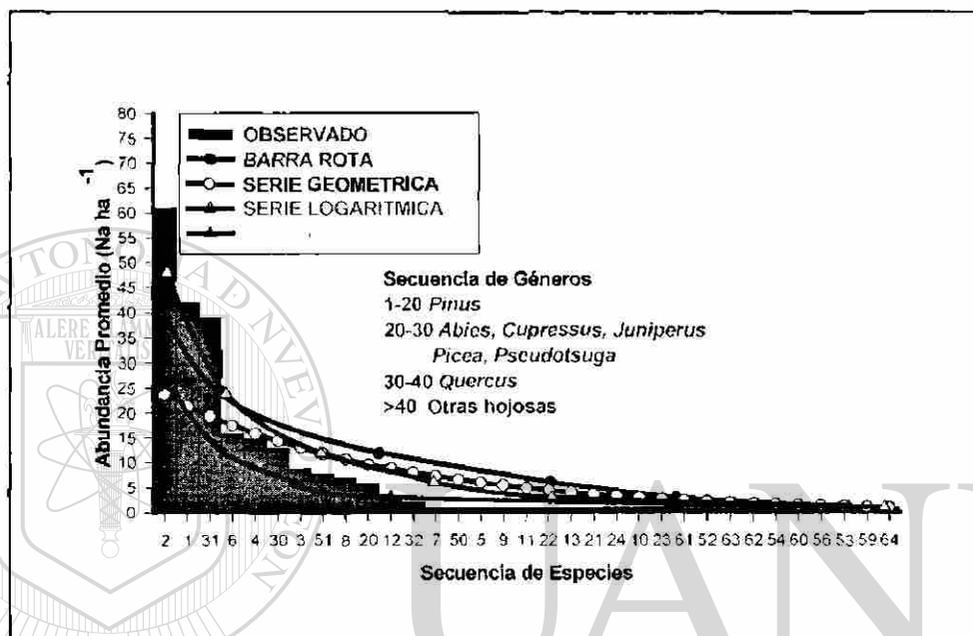


Figura 8.11 Modelos diversidad - abundancia para la abundancia promedio de las especies de los bosques de El salto, Durango, México bajo manejo con MDS

En la figura anterior se observa que en bosques maduros con MDS las especies de interés económico son las que ocupan las más altas densidades. Se observa también que 12 especies son las que presentan abundancia significativa, las demás se pueden considerar como raras. En esta 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.

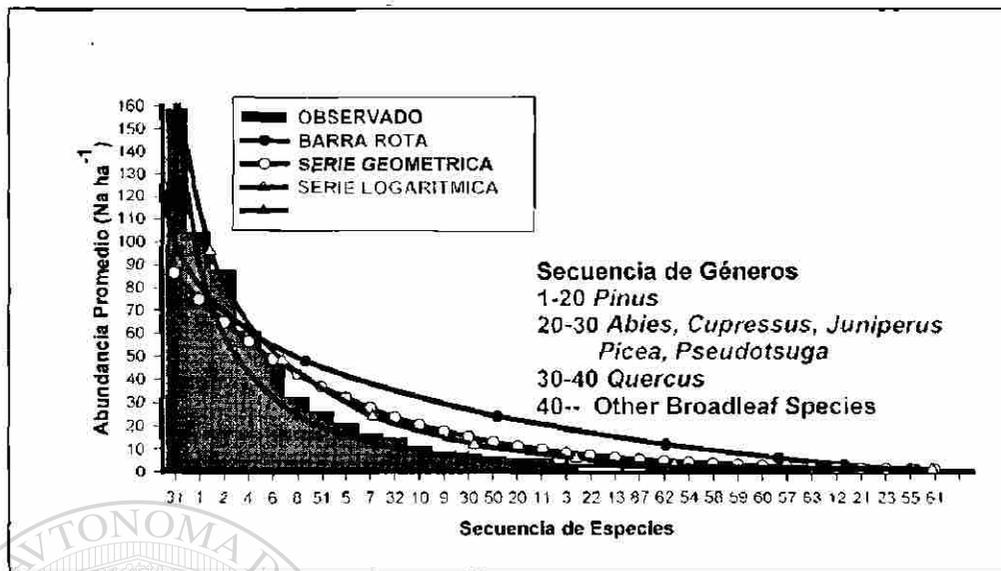


Figura 8.12 Modelos de diversidad - abundancia para la abundancia promedio de rodales tipo de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

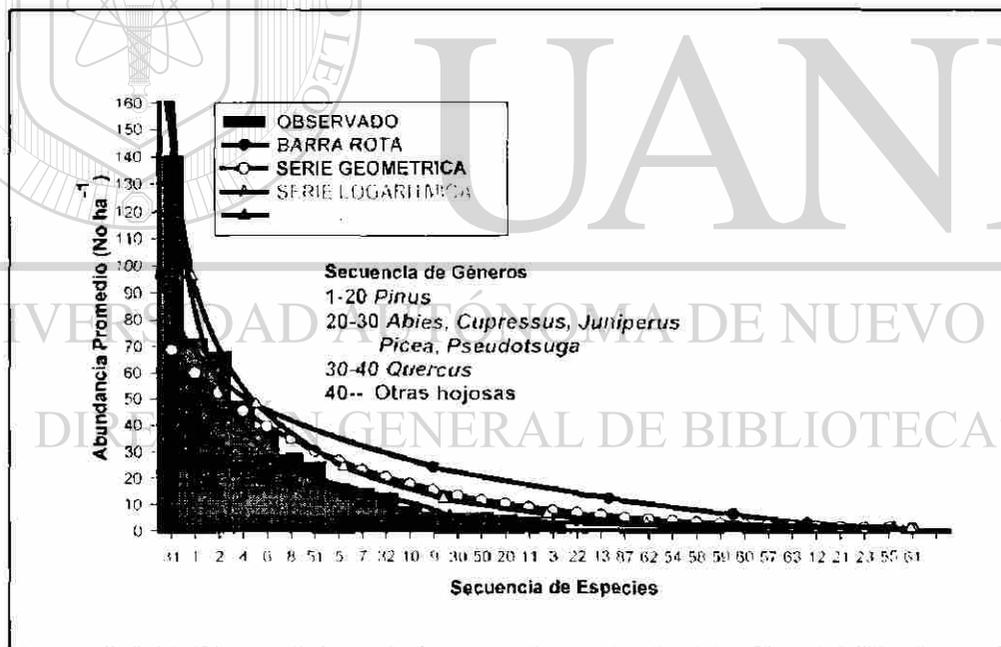


Figura 8.13 Modelos de diversidad - abundancia para la abundancia promedio de rodales tipo simulados con MMOM en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

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. 1<sup>a</sup> 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

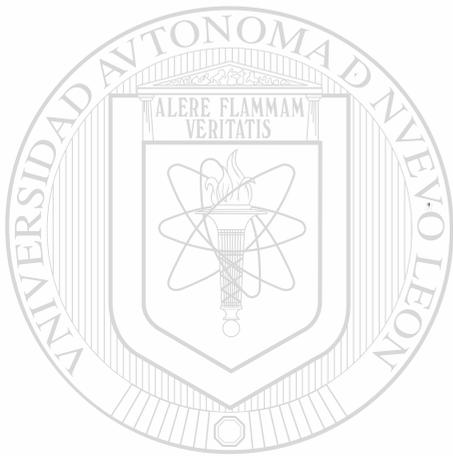
Gauthier, S., Gagnon, J. ,and Bergeron Y. 1993. Population age structure of *Pinus bankisiana* at the southern edge of the Canadian boreal forest. *J. Veg. Sci.* 4:783-790.

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.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## **ANEXOS CAPITULO VI**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

*Anexo 1 Características promedio por hectárea de volumen, área basal y número de árboles para grupos aglomerados de rodales mixtos e irregulares de Durango, México*

<b>GRUPO I</b>	<b>MIXTOS</b>	<b>PINOS</b>	<b>OTRAS CONIFERAS</b>	<b>ENCINO</b>	<b>OTRAS HOJOSAS</b>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> HA <sup>-1</sup> )	447.20021	273.969143	8.18966429	150.632429	13.4955857
NUMERO DE ARBOLES (Ha <sup>-1</sup> )	1119	610	1119	1119	960
AREA BASAL (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	47.0576	32.6972857	1.32275714	11.3049143	1.73264286

<b>GRUPO II</b>	<b>MIXTOS</b>	<b>PINOS</b>	<b>OTRAS CONIFERAS</b>	<b>ENCINO</b>	<b>OTRAS HOJOSAS</b>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> HA <sup>-1</sup> )	372.72735	301.509471	8.53491176	54.1033529	8.31663529
NUMERO DE ARBOLES (Ha <sup>-1</sup> )	1339	1174	868	1339	1081
AREA BASAL (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	47.433835	41.2034059	1.36622941	3.91752353	0.94667647

<b>GRUPO III</b>	<b>MIXTOS</b>	<b>PINOS</b>	<b>OTRAS CONIFERAS</b>	<b>ENCINO</b>	<b>OTRAS HOJOSAS</b>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> HA <sup>-1</sup> )	222.791353	166.099824	11.4042353	39.3562941	6.781
NUMERO DE ARBOLES (Ha <sup>-1</sup> )	946	759	616	829	633
AREA BASAL (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	31.813252	25.1813706	2.08201765	3.90681765	0.64304706

<b>GRUPO IV</b>	<b>MIXTOS</b>	<b>PINOS</b>	<b>OTRAS CONIFERAS</b>	<b>ENCINO</b>	<b>OTRAS HOJOSAS</b>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> HA <sup>-1</sup> )	269.008571	120.882357	7.5497	129.656214	12.5297154
NUMERO DE ARBOLES (Ha <sup>-1</sup> )	902	491	744	902	904
AREA BASAL (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	30.2367143	17.4083071	1.09375714	10.3370357	1.39761429



## **ANEXOS CAPITULO VII**

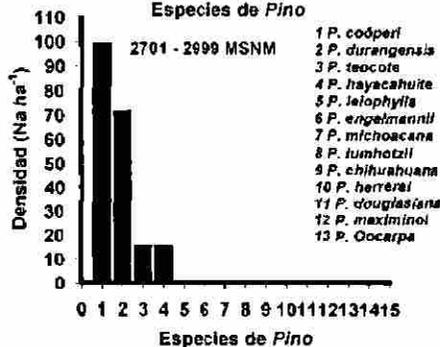
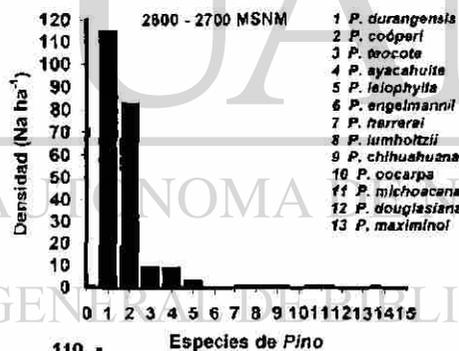
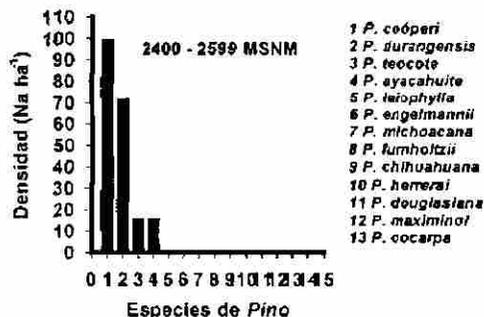
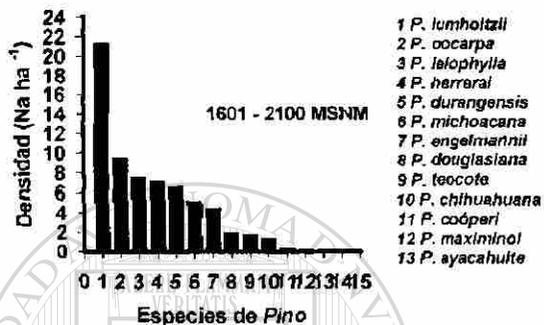
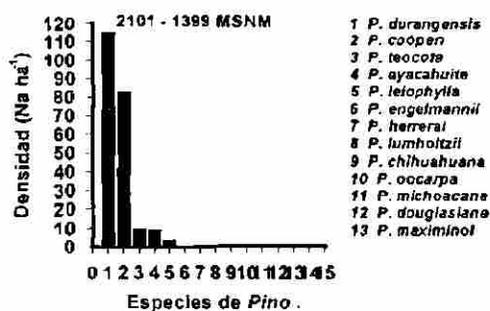
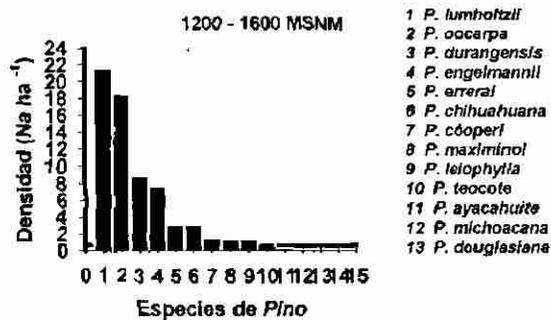
UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Anexo 1 Densidades de las especies de pino en altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

**Anexo 2 Densidades en exposiciones y altitudes de las especies del género *Pinus* mas abundantes en los bosques mixtos e irregulares de Durango México**

ALTITUD (mts) ESPECIE	EXPOSICIONES								
	Cooperi	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste
1200-2100	0	1	0	5	2	0	7	1	0
2100-2400	8	7	8	2	3	5	8	1	1
2400-2600	66	23	22	38	19	31	36	32	24
2600-2700	116	87	85	74	50	74	56	58	62
2700-3000	292	109	77	71	69	57	94	73	87

Durangensis	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
1200-2100	17	0	3		0	12	27	1	8
2100-2400	48	29	13	34	65	12	31	9	39
2400-2600	90	85	45	62	62	80	78	66	65
2600-2700	113	96	110	127	124	107	111	132	125
2700-3000	43	48	85	73	93	83	70	104	75

Engelmanii	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
1200-2100	4	5	12		0	0	7	6	7
2100-2400	17	11	18	17	12	23	26	22	23
2400-2600	8	11	19	13	23	14	16	11	14
2600-2700	0	4	1	2	0	1	1	4	0
2700-3000	1	0	0	0	0	0	0	0	0

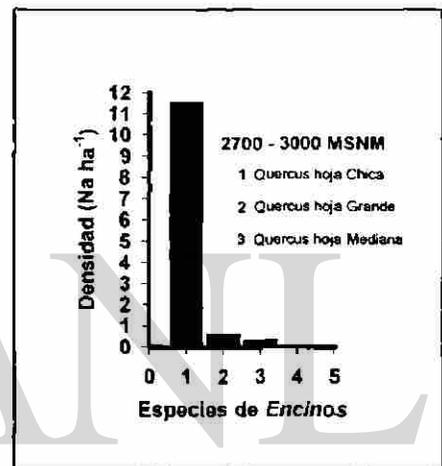
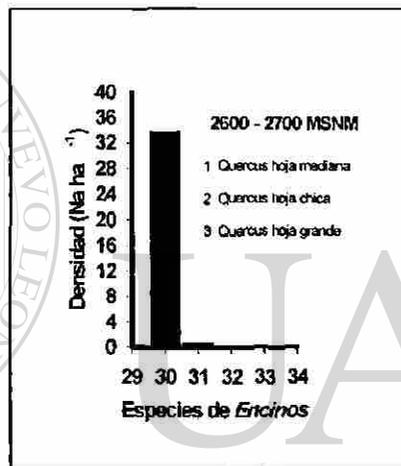
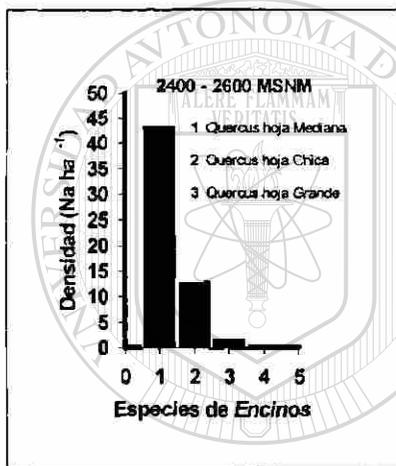
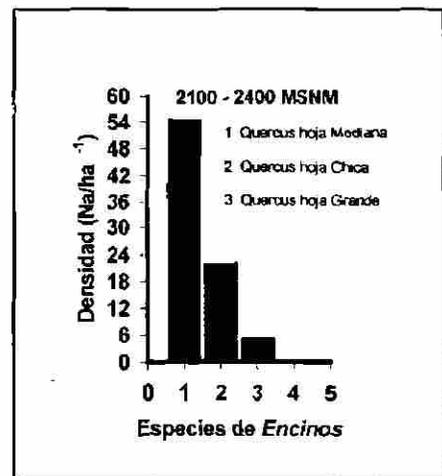
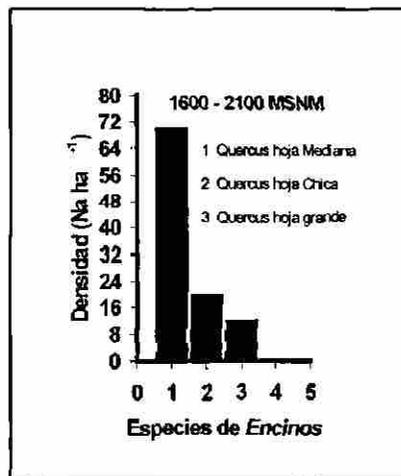
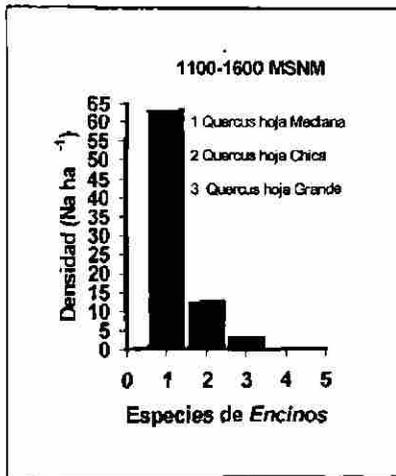
Leiophylla	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
1200-2100	31	0	0		0	7	0	0	1
2100-2400	27	36	29	15	25	10	20	28	27
2400-2600	13	15	32	17	24	12	14	19	23
2600-2700	4	2	3	9	3	10	3	4	2
2700-3000	1	0	0	0	1	1	0	0	0

Teocote	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
1200-2100	1	0	0		0	0	5	4	0
2100-2400	10	8	9	7	11	2	7	5	0
2400-2600	8	8	6	12	21	25	6	11	8
2600-2700	5	8	11	11	27	18	14	10	7
2700-3000	13	12	16	31	23	26	20	10	7

Ayacahuite	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
1200-2100	0	0	0		0	0	1	0	0
2100-2400	2	6	9	5	2	3	2	3	3
2400-2600	5	8	4	5	6	3	6	5	13
2600-2700	9	11	14	10	8	10	10	10	10
2700-3000	16	20	17	14	14	19	16	15	17

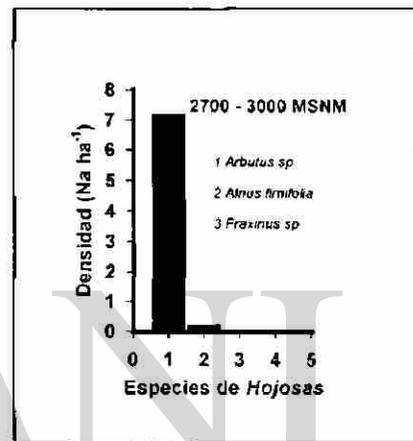
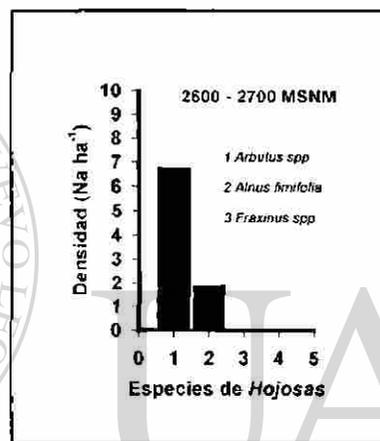
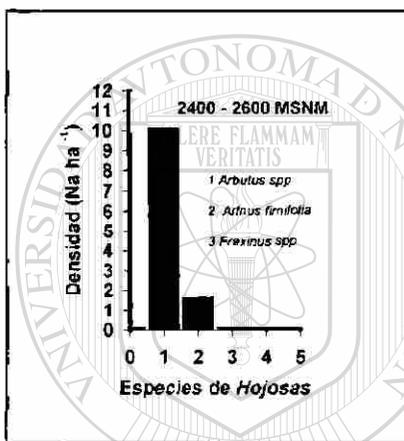
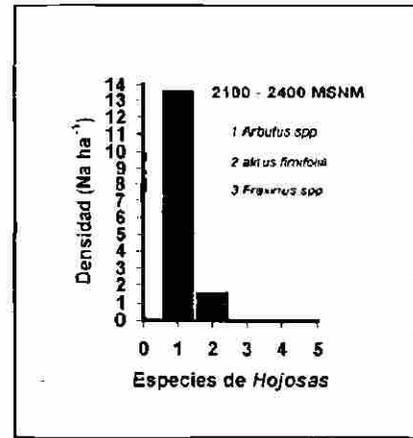
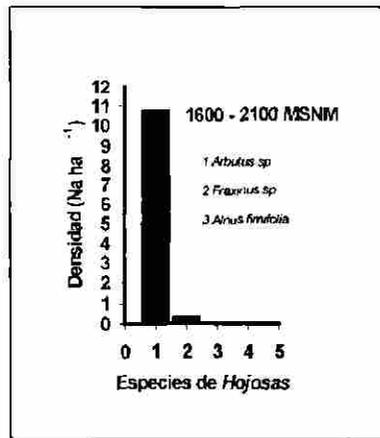
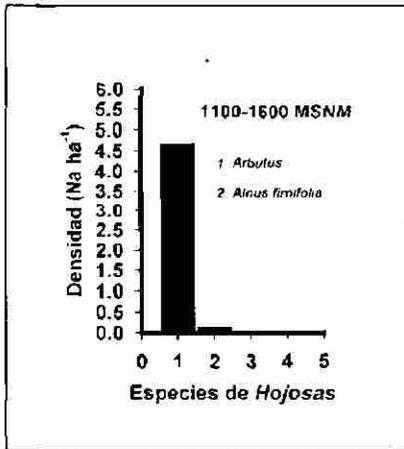


Anexo 3 Densidades de grupos de especies de Quercus en altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Anexo 4 Densidades en exposiciones y altitudes de la especie mas abundante del género Quercus en bosques mixtos e irregulares de Durango México

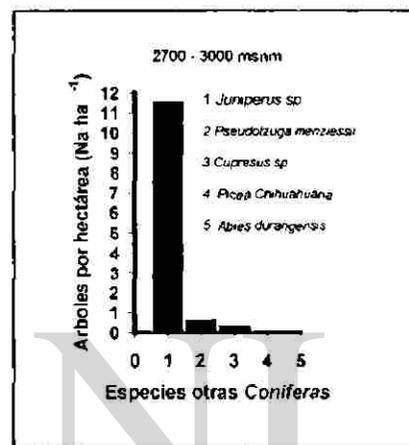
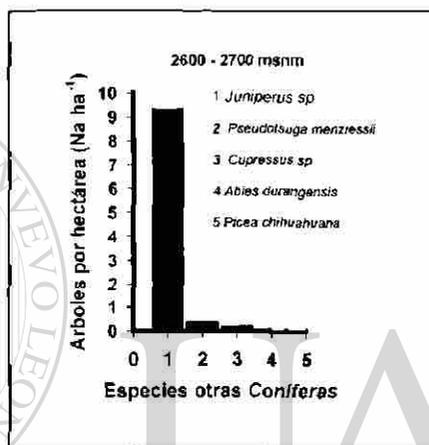
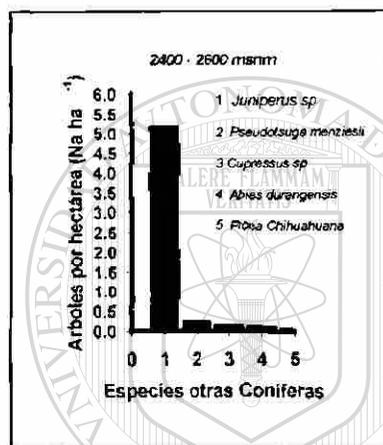
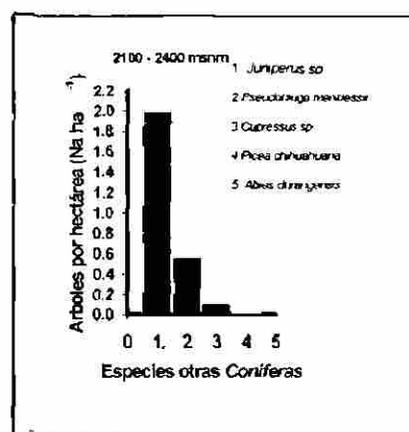
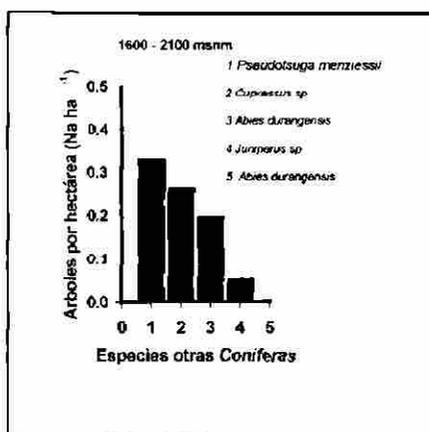
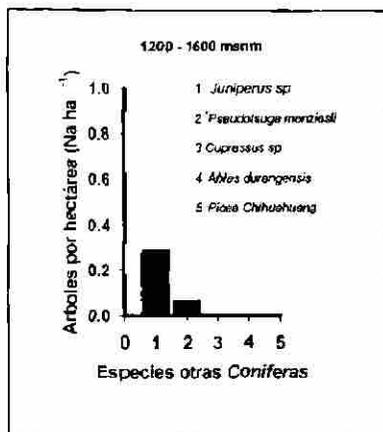
ALTITUD (mts)	EXPOSICIONES								
ESPECIE									
Q. HOJA MEDIANA	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
1200-2100	48	59	74	30	85	84	53	73	60
2100-2400	58	52	60	80	53	49	57	54	38
2400-2600	39	46	41	53	47	45	42	45	41
2600-2700	31	35	35	34	32	39	31	36	35
2700-3000	34	34	34	29	32	28	24	23	31



Anexo 5 Densidades de las especies más abundantes de otras hojas en altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

Anexo 6 Densidades en exposiciones y altitudes de especies de hojas dominantes en bosques mixtos e irregulares de Durango, México

ALTITUD (msnm) ESPECIE	EXPOSICIÓN								
	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
<b>ALISO</b>									
1200-2100	0	0	0	3	0	0	0	0	0
2100-2400	1	2	1	6	2	1	1	1	2
2400-2600	2	3	1	2	2	0	2	1	1
2600-2700	2	3	1	3	1	1	1	2	1
2700-3000	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>ARBUTUS</b>									
1200-2100	14	7	5	3	10	7	5	5	10
2123-2399	13	14	7	17	13	16	15	16	14
2400-2599	9	11	9	10	7	12	11	11	11
2600-2700	6	4	6	8	11	9	8	8	6
2701-2999	7	8	6	7	9	6	5	8	8

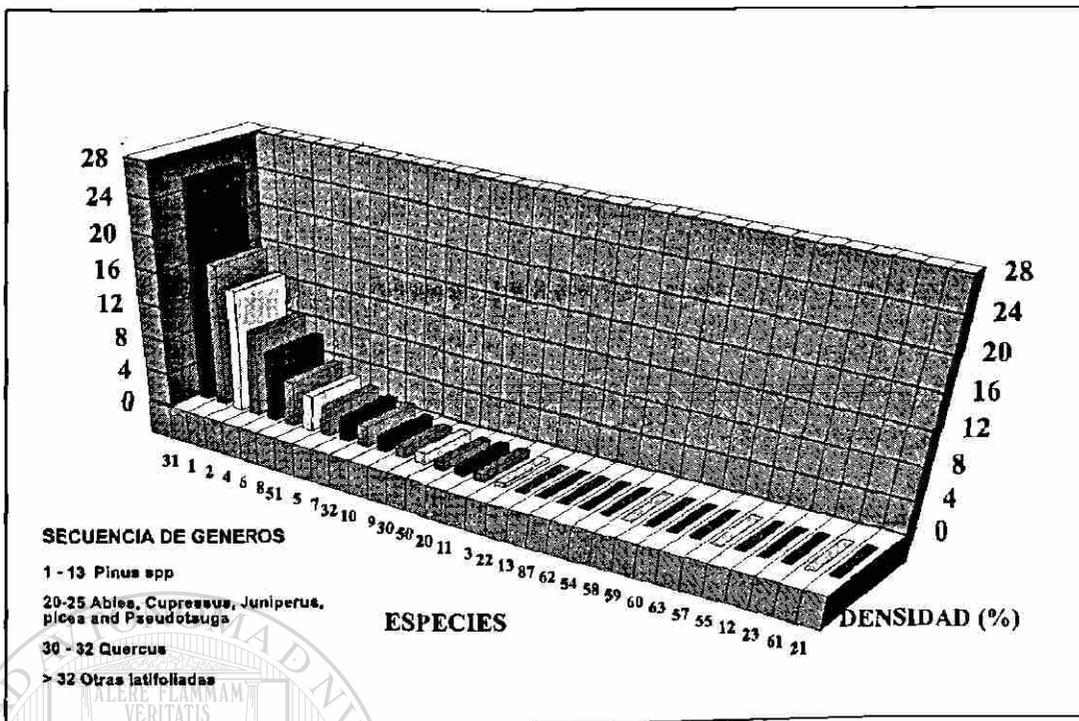


Anexo 7 Densidades de las especies más abundantes de otras coníferas en altitudes y exposiciones de bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

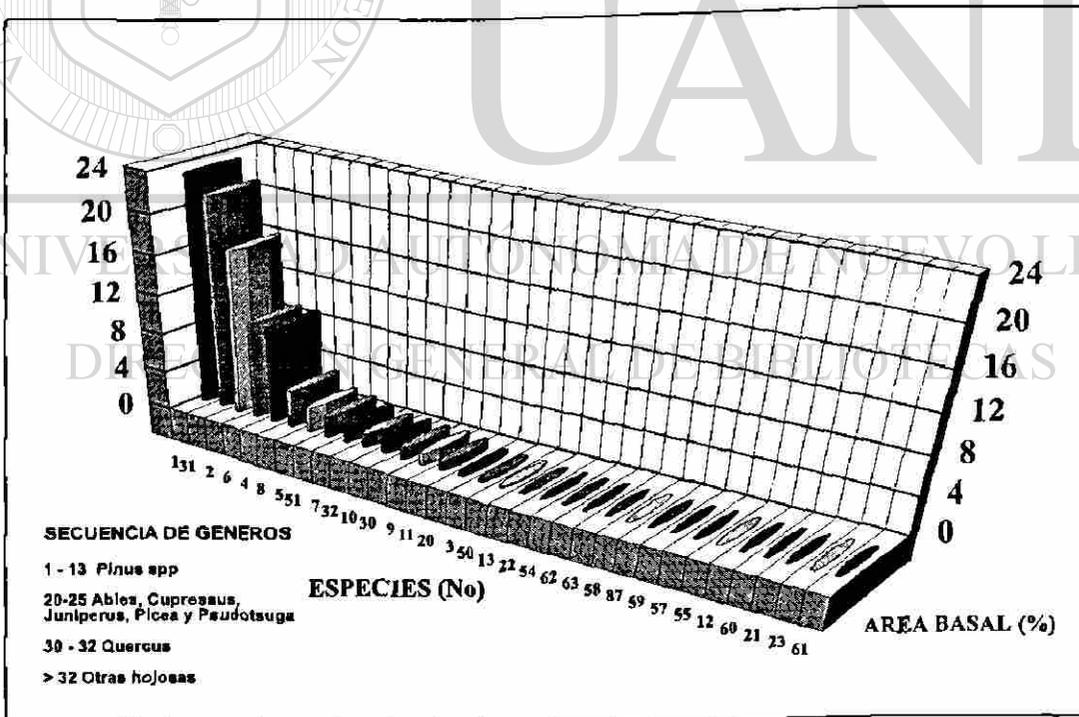
Anexo 8 Densidades de *Juniperus sp* en diferentes exposiciones y altitudes de bosques mixtos e irregulares de Durango México

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

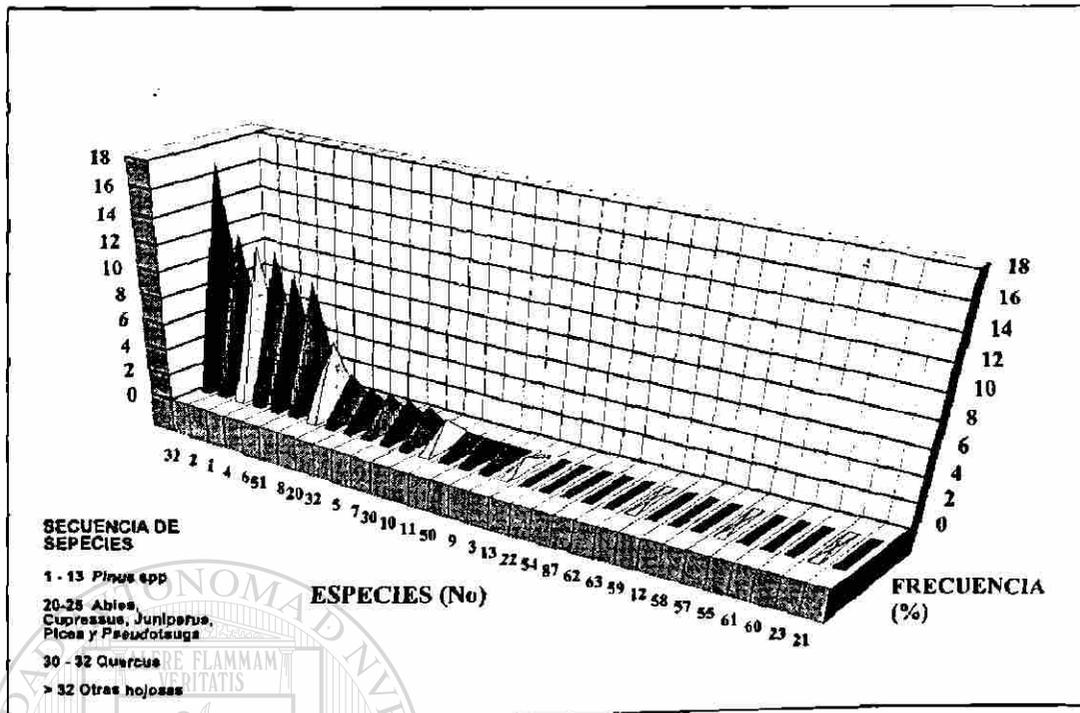
ALTITUD (msnm)	EXPOSICION									
	Juniperus	Zenital	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste
1200-2100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2100-2400	2	1	2	1	1	3	4	1	1	1
2400-2600	8	4	3	5	4	4	3	4	3	3
2600-2700	13	8	8	6	7	13	6	7	8	8
2700-3000	85	5	5	5	3	4	5	3	7	7



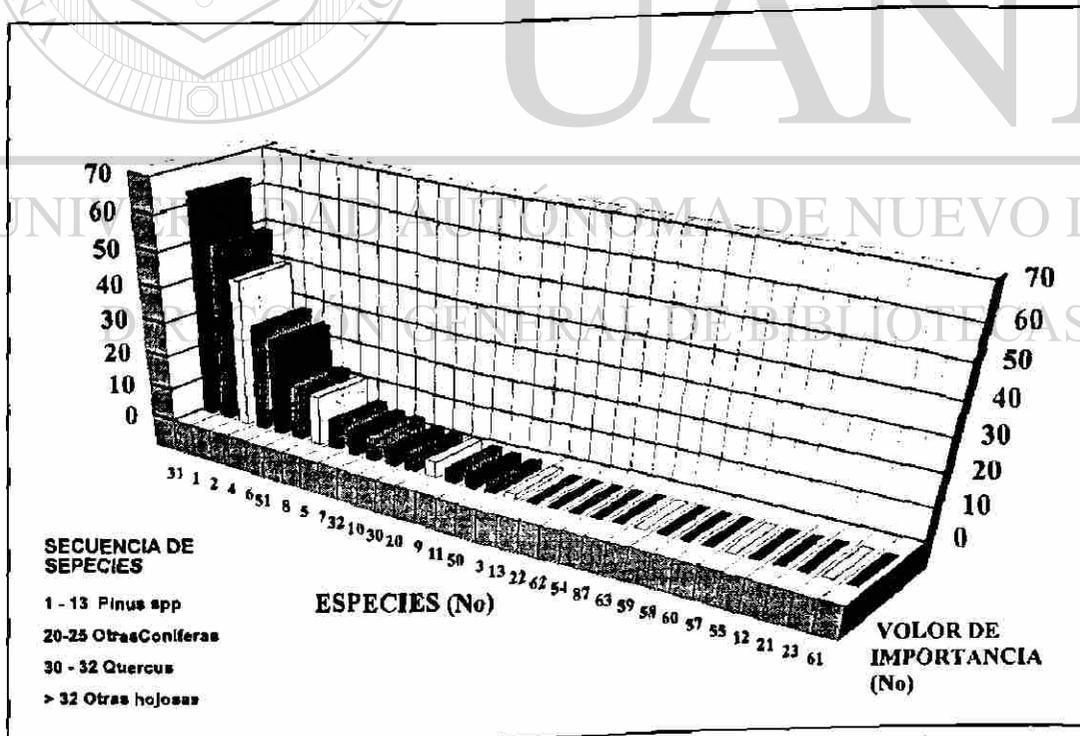
Anexo 9 Densidad relativa de las especies de los bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México.



Anexo 10 Dominancia relativa en área basal por especie en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México



Anexo 11 Frecuencia relativa de especies en bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

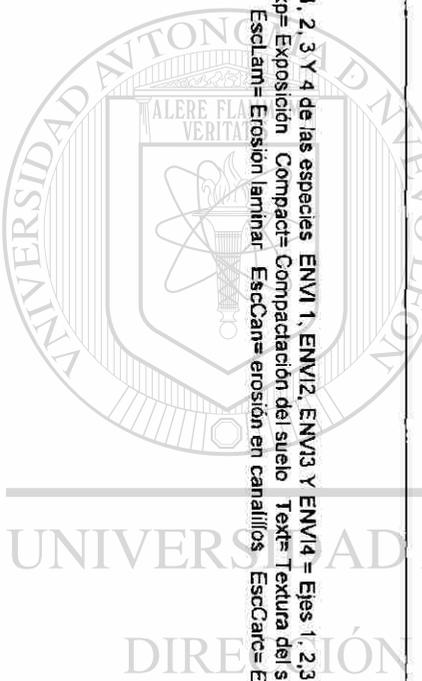


Anexo 12 Valor de importancia de las especies de los bosques mixtos e irregulares de El Salto, Durango, México

Anexo 13 Matriz de correlación ponderada para análisis de correspondencia canónica sin tendencia, aplicada a una matriz de 1554 sitios por 23 especies, con doce variables físicas de sitios de muestreo de la Sierra madre Occidental del centro sur de Durango.

	SPEC AX1	SPEC AX2	SPEC AX3	SPEC AX4	ENVI AX1	ENVI AX2	ENVI AX3	ENVI AX4	Asnm	Pend	Exp	Compact	Text	Mat Pred	Mat Ococh	Esc Lam	Esc Can	Esc Carc	Ind Det	
SPEC AX1	1																			
SPEC AX2	0.96	1																		
SPEC AX3	-0.3	-0.1	1																	
SPEC AX4	0.16	0.37	0.61	1																
ENVI AX1	0.71	0.65	-0.3	0.05	1															
ENVI AX2	0.71	0.65	-0.3	0.07	0.99	1														
ENVI AX3	-0.5	-0.5	0.39	0.07	-0.7	-0.7	1													
ENVI AX4	0.16	0.19	0.11	0.23	0.22	0.3	0.29	1												
Asnm	0.68	0.61	-0.3	0.03	0.94	0.93	-0.8	0.16	1											
Pend	-0.3	-0.3	-0	-0.1	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3	-0.2	1										
Exp	-0.1	-0.1	-0	-0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.6	0.29	1									
Compact	-0	-0	0.01	0.02	-0	-0	0.02	0.09	0.01	0.05	0.27	1								
Text	-0.2	-0.2	0.05	-0	-0.2	-0.2	0.14	-0.1	-0.1	0.17	0.31	0.43	1							
MatPred	-0.1	-0.1	0.09	0.05	-0.1	-0.1	0.23	0.24	-0	0.18	0.27	0.21	0.28	1						
MatOrg	0.06	0.03	-0	-0.1	0.08	0.05	-0	-0.3	0.07	-0	0.12	-0.09	-0.1	0.11	1					
Ococh	0.09	0.05	-0.1	-0.1	0.12	0.07	-0.3	-0.5	0.1	-0	0.1	0.24	0.11	0.02	0.38	1				
Esclam	-0.1	-0.1	0.09	0.1	-0.1	-0.1	0.23	0.44	-0.1	0.14	0.17	0.16	0.22	0.2	0.01	0	1			
EscCan	-0.1	-0.1	0.07	0.05	-0.2	-0.2	0.19	0.21	-0.1	0.23	0.19	0.19	0.12	0.21	0.2	0.07	0.44	1		
EscCarc	-0.1	-0.1	0.07	0.08	-0.1	-0.1	0.2	0.36	-0	0.27	0.12	0.11	0.08	-0.18	0.21	0.08	0.22	0.48	1	
IndDet	-0.3	-0.3	0	-0	-0.4	-0.4	0.01	-0	-0.1	0.75	0.33	0.26	0.28	0.23	0.08	0.09	0.51	0.54	0.46	1

Donde :  
 SPEC AX1, SPEC AX2, SPEC AX3 Y SPEC AX4 = Ejes 1, 2, 3 Y 4 de las especies ENVI 1, ENVI2, ENVI3 Y ENVI4 = Ejes 1, 2, 3 Y 4 de las variables ecológicas  
 Asnm= Altura sobre el nivel del mar Pend= pendiente Exp= Exposición Compact= Compactación del suelo Text= Textura del suelo MatPred= material predominante  
 MatOrg= Materia orgánica Ococh= Ocochal (hojarasca) Esclam= Erosión laminar EscCarc= erosión en cárcavas EscCan= erosión en canales IndDet= Índice de deterioro





## **ANEXOS CAPITULO VIII**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Anexo 6 Cobertura promedio por especie de bosques mixtos e irregulares del Salto, Durango, México

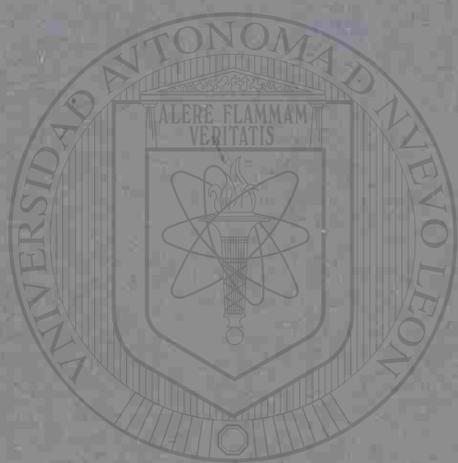
Clave de manejo	Especie	Cobertura (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )		Clave de manejo	Especie	Cobertura (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	
		X	S			X	S
01	<i>P. cóoperi</i>	1166.67	1760.26	50	Aile ( <i>Alnus firmifolia</i> )	33.50	205.42
02	<i>P. durangensis</i>	899.15	1292.40	51	Madrono ( <i>Arbutus</i> sp)	197.10	465.96
03	<i>P. engelmannii</i>	14.96	116.40	52	Fresno ( <i>Fraxinus</i> sp.)	0.40	21.20
04	<i>P. leiophylla</i>	510.24	668.10	53	Alamillo ( <i>populus wislizenii</i> )	***	***
05	<i>P. herrerae</i>	233.96	882.16	54	Margarita	3.40	83.27
06	<i>P. teocote</i>	599.97	894.56	55	Cedro rojo ( <i>Cedrela odorata</i> )	0.11	3.47
07	<i>P. lumholtzii</i>	233.23	892.31	56	Guasina ( <i>Tilia aff. Occidentalis</i> )	***	***
08	<i>P. ayacahuite</i>	283.17	722.28	57	Bosque ( <i>Ostrya virginiana</i> )	0.17	5.31
09	<i>P. oocarpa</i>	112.78	508.07	58	Corpo ( <i>Magnolia schediana</i> )	0.12	3.82
10	<i>P. douglasiana</i>	129.16	532.43	59	Capullín ( <i>Prunus capullii</i> )	0.12	3.66
11	<i>P. michoacana</i>	82.75	399.39	60	Aguacatillo	0.04	1.34
12	<i>P. chihuahuana</i>	0.03	1.06	61	Pico de pájaro	0.03	0.96
13	<i>P. maximinol</i>	7.73	95.66	62	Madrono de agua ( <i>Clethra</i> sp.)	2.46	32.82
20	Tázcate ( <i>Juniperus</i> spp.)	35.33	154.72	63	Cortapico ( <i>Cornus disciflora</i> )	0.14	4.44
21	Cedro blanco ( <i>Cupressus</i> spp.)	0.2	0.01	64	Laurelillo	***	***
22	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3.18	45.16	85	Palo mulato	***	***
23	<i>Picea chihuahuana</i>	***	***	86	Tila	***	***
24	Oyamel ( <i>Abies durangensis</i> )	0.02	0.54	87	Huizache	1.13	25.35
30	Encino hoja chica	145.64	532.48	88	Tepozan	***	***
31	Encino hoja mediana	1340.94	1190.25	89	Tabardillo	***	***
32	Encino hoja grande	192.09	668.87	90	Mano de león	***	***
	<b>PINUS</b>	<b>QUERCUS</b>	<b>OTRAS CONFIERAS</b>	<b>OTRAS HOJOSAS</b>	<b>COBERTURA TOTAL (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>		
Cobertura	sp 1-13	sp 30-32	sp 20-24	sp >32			
Genero	4273.79	1678.67	38.52	238.30	6229.29		

\*\*\* Especies no presentes en la base de datos, pero que pueden encontrarse en el área de estudio

sp = Especies

X = Cobertura promedio (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)

S = Desviación estándar de la cobertura (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®