

**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA  
CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSTGRADO**

**“Efectos de la aplicación de dos métodos de regeneración sobre la estructura, diversidad y composición de un bosque de pino-encino en la Sierra Juárez de Oaxaca, México”.**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

*Magister Scientiae* en Manejo y Conservación  
de Bosques Tropicales y Biodiversidad

Por

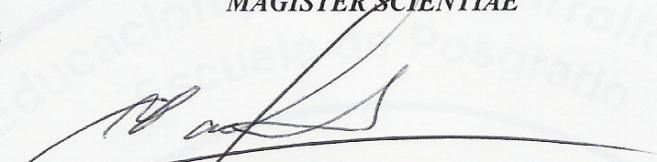
Rosario Ramírez Santiago

Turrialba, Costa Rica, 2006

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

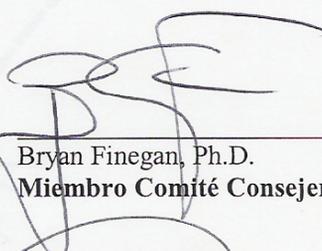
**MAGISTER SCIENTIAE**

**FIRMANTES:**



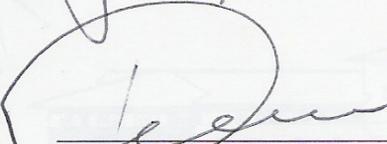
---

Fernando Carrera, M.Sc.  
**Consejero Principal**



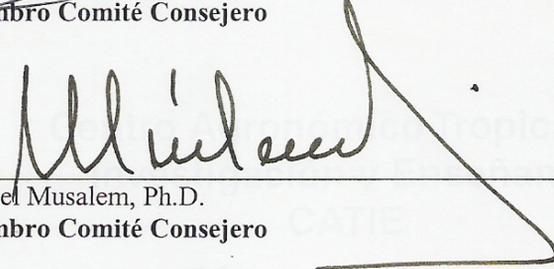
---

Bryan Finegan, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



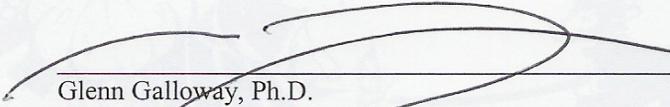
---

Diego Delgado, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



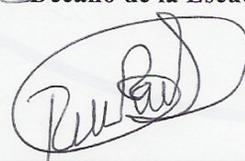
---

Miguel Musalem, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Glenn Galloway, Ph.D.  
**Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado**



---

Rosario Ramírez Santiago  
**Candidata**

## DEDICATORIA

*A Mariano Martínez Ramírez.*

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Ford y al Programa de Becas de Postgrado para Indígenas de México, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado en CATIE.

A Fernando Carrera por aceptar ser mi consejero.

A Miguel Angel Musálem, por todo el apoyo recibido en este proceso.

A Bryan Finegan por sus aportaciones a la tesis.

A Diego Delgado por sus exhaustivas revisiones, por soportar mi estrés, mis preguntas constantes y por ser un buen amigo más que un maestro.

A Gustavo López por su ayuda en el área estadística y a Hugo Brenes por su ayuda con la base de datos.

A Dr. Cristóbal Leyva por el apoyo otorgado.

Al Comisariado de Bienes Comunales de Ixtlán, por permitir la recolección de datos dentro de los bosques comunales.

Al subdirector técnico de los Servs. Tecs. For. de Ixtlán, Ing. Julio Aquino y al. Biol. Emmanuel, por su constante ayuda en la fase de campo, ¡mil gracias!.

A toda mi familia, especialmente a mis padres, Ing. Taurino Ramírez y Sra. Yolanda Santiago por la confianza y el apoyo que me han brindado.

A mis hermanas, María del Carmen y María Luisa por ser el puente de comunicación con mi país.

A Alejandro Martínez por los sacrificios realizados durante estos años.

A todos mis amigos de CATIE y particularmente a Titi, Marcela, Danny Flores, Maricela, Karlita, Dafo, Irma, Jorge, Nina, Inty, Manuel, Ramón, Magali, Mariu (por la flor de caña), Mario de Sandrita, Karim, Fabricio, Julián y Ana María por el tiempo y amistad compartidos.

Especialmente quiero agradecer a Lode, Sandrita y Ceci por todos los cafecitos compartidos, las alegrías, las experiencias y por su invaluable amistad, ¡las voy a extrañar, gordas!.

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
INDICE DE CONTENIDO .....	v
RESUMEN .....	vi
SUMMARY .....	viii
INDICE DE CUADROS .....	ix
INDICE DE FIGURAS .....	x
I. Introducción.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis .....	3
II. Justificación.....	3
III. Revisión de Literatura.....	5
3.1. Características generales del género <i>Pinus</i> .....	5
3.1.1 Historia geológica y distribución.....	6
3.1.2 Ecología .....	8
3.1.3 Estado de conservación de los bosques de pino .....	10
3.2 El género <i>Quercus</i> .....	12
3.3 Regeneración natural en los bosques de pino y encino .....	13
3.4 Estructura horizontal de bosques naturales.....	15
3.5 Efectos del aprovechamiento forestal .....	17
3.6 Impactos de métodos de regeneración en bosques de pino-encino .....	17
3.6.1 Método de selección .....	18
3.6.2 Método de árboles padre.....	21
IV. Materiales y métodos.....	23
4.1 Descripción del área de estudio .....	23
4.3 Metodología.....	28
4.3.1 Diseño del muestreo.....	28
4.3.2 Análisis de los datos .....	30
V. Resultados y Discusión .....	34
5.1 Análisis factorial de los rodales evaluados .....	34
5.2 Estructura horizontal de los rodales estudiados .....	47
5.2.1 Abundancia de árboles y área basal del rodal.....	51
5.2.2 Abundancia de individuos y área basal de <i>Pinus</i> . y <i>Quercus</i> .....	54
5.2.3 Abundancia de <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i> por categorías diamétricas.....	56
5.2.4 Abundancia de individuos y área basal de latifoliadas diferentes a <i>Quercus</i> .....	60
5.2.5 Abundancia de latizales de <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i> .....	61
5.3 Diversidad y composición de los rodales estudiados.....	63
5.3.1 Número de especies total y por grupo .....	63
5.3.2 Índices de diversidad .....	65
5.3.3 Composición del rodal .....	67
5.4 Relación de la regeneración con las condiciones del sitio.....	69
5.4.1 Análisis de regresión para brinzales .....	69
5.4.2 Análisis de regresión para latizales.....	70
5.5 Recomendaciones para el manejo.....	73

VI. Conclusiones y recomendaciones .....	76
VII. Literatura Citada.....	80
VIII. Anexos .....	85
Anexo 1. Listado de especies y su índice de valor de importancia.....	86

**Ramírez, Santiago Rosario. 2005.** Efectos de la aplicación de dos métodos de regeneración sobre la estructura, diversidad y composición de un bosque de pino-encino en la Sierra de Juárez, Oaxaca, México.

## RESUMEN

La finalidad de este estudio fue establecer los efectos de la aplicación de dos métodos de regeneración (método de árboles padre y método de selección) en la estructura, diversidad y composición del bosque de pino-encino de la comunidad de Ixtlán de Juárez en el Estado de Oaxaca, México. Además, de determinar la relación que existe entre la abundancia de la regeneración de pinos y encinos con las condiciones del sitio. El muestreo se realizó en rodales intervenidos con los métodos silvícolas antes mencionados y un rodal de referencia. Para evaluar fustales, se establecieron parcelas temporales de 400m<sup>2</sup> anidadas y circulares. En el centro se establecieron otras subparcelas de 12m<sup>2</sup> y de 1m<sup>2</sup> para el conteo de latizales y brinzales respectivamente. De acuerdo a los resultados, los tratamientos de selección no difieren de la mayoría de los tratamientos de árboles padre en cuanto a estructura y diversidad, debido a la aplicación no adecuada de este último. La excepción fue el tratamiento de árboles padre con quema prescrita (AP95Q), el cual se aplicó de acuerdo a los lineamientos establecidos. Este tratamiento presentó diferencias con respecto a otros, ya que posee mayor dominancia de pinos que de encinos, aunque con menor diversidad en el rodal. La abundancia de latizales de pino y encino, en general es escasa en casi todos los tratamientos, producto de la alta densidad generada por los métodos silvícolas aplicados. Por otra parte, las variables estructurales son determinantes en la abundancia de regeneración de pinos y encinos, las cuales pueden ser controladas a través del aprovechamiento forestal para generar las condiciones ambientales que interfieren en el proceso de regeneración de la especie de interés. De los métodos de regeneración evaluados, el método de árboles padre en conjunto con la aplicación de quemas prescritas produjeron mejores resultados en el desarrollo y establecimiento de los pinos, así como en el control de los encinos. El método de selección es poco recomendable para las especies intolerantes a la sombra, como los pinos, ya que favorece el desarrollo de los encinos.

---

**Palabras clave:** métodos de regeneración, árboles padre, método de selección, rodales, bosque de pino-encino.

**Ramírez Santiago, Rosario. 2005.** Effects on the application of regeneration methods on the structure, diversity and composition of a pine-oak forest in the Sierra de Juarez, Oaxaca, Mexico.

## SUMMARY

The objective of this study was to establish the effects on the application of two regeneration methods (parent tree and selection methods) on the structure, diversity and composition of a pine-oak forest in the community of Ixtlán de Juarez, Oaxaca State, Mexico. In addition, the relationship between the abundance of pine and oak regeneration with site conditions was also determined. Sampling was carried out in selectively logged stands with the silvicultural methods mentioned above and in a stand which was used as a reference. In order to measure stems, 400m<sup>2</sup> temporary nested circular plots were established. In the middle of these plots, sub-plots of 12 m<sup>2</sup> and 1 m<sup>2</sup> were established to count sprouts and seedlings, respectively. According to the results, the selection methods do not differ for the majority of the parent tree treatments in structure or diversity due to the effect of the inadequate application of the later. The exception was the parent tree treatment with prescribed burning (AP95Q), which was applied as prescribed guidelines. This treatment presented differences with respect to the other treatments since it has a greater dominance of pines than oaks, but it is a less diversified stand. The pine and oak sprouts are scarce in almost all treatments, which is due to the high density generated by the silvicultural methods applied. On the other hand, the structural variables are determinant for the abundance of pine and oak regeneration. These variables can be controlled through forest management to generate the environmental conditions that interfere in the regeneration process of the species of interest. Regarding the evaluated regeneration methods, the parent tree method together with the application of prescribed burning produced better results in the development and establishment of pines; this method also better controlled the oaks. The selection method is not recommendable for shade intolerant species such as pines because it favors oak development.

**Key Words:** regeneration methods, parent trees, selection method, stands, pine-oak forests

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Métodos de selección.....	20
Cuadro 2. Total de tratamientos evaluados.....	29
Cuadro 3. Tamaño de parcelas y características de la vegetación evaluada.....	30
Cuadro 4. Promedio del número de individuos/ha por grupo de especies, árboles $\geq 5$ cm dap... 54	
Cuadro 5. Promedio de área basal en m <sup>2</sup> /ha por grupo de especies, árboles $\geq 5$ cm dap.....	56
Cuadro 6. Promedio del número de especies total y por grupo de especies, árboles $\geq 5$ cm dap.....	64
Cuadro 7. Índices de diversidad para los grupos de especies, árboles $\geq 5$ cm dap.....	66
Cuadro 8. Porcentaje del índice de Valor de Importancia para los tres grupos de especies, árboles $\geq 5$ cm dap.....	67
Cuadro 9. Ventajas y desventajas de los dos métodos de regeneración evaluados.....	74

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	25
Figura 2. Promedio del total de área basal por ha para cada año de intervención.....	34
Figura 3. Promedio de la abundancia de individuos/ha de pino en cada tratamiento.....	35
Figura 4. Promedio de la abundancia de individuos/ha de pino en cada año de intervención.....	36
Figura 5. Promedio de la abundancia de individuos/ha de encino en cada combinación de factores.....	37
Figura 6. Promedio de área basal en m <sup>2</sup> /ha de pino en cada tratamiento.....	37
Figura 7. Promedio de área basal en m <sup>2</sup> /ha de encino en cada combinación de factores.....	38
Figura 8. Promedio de abundancia de individuos/ha de pino en cada año de intervención, árboles de 20-29 cm dap.....	39
Figura 9. Promedio de abundancia de individuos/ha de pino en cada tratamiento, árboles de > 40 cm dap.....	39
Figura 10. Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada tratamiento, árboles de 5-9 cm dap.....	40
Figura 11. Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada año de intervención, árboles de 5-9 cm dap.....	40
Figura 12. Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada combinación de factores, árboles de 10-19 cm dap.....	41
Figura 13. Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada combinación de factores, árboles de 20-29 cm dap.....	41
Figura 14. Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada combinación de factores, árboles de 30-39 cm dap.....	42
Figura 15. Promedio de abundancia de individuos/ha de pino en cada año de intervención, árboles $\geq$ 25 cm de altura y < 5 cm dap.....	43
Figura 16. Promedio del número total de especies en cada año de intervención, árboles $\geq$ 5 cm dap.....	43
Figura 17. Promedio del número de especies de encino en cada año de intervención, árboles $\geq$ 5 cm dap.....	44
Figura 18. Promedio del número de especies de encino en cada combinación de factores, árboles $\geq$ 5 cm dap.....	45
Figura 19. Índice de valor de importancia en porcentaje de pino para cada combinación de factores, árboles $\geq$ 5 cm dap.....	45

Figura 20. Índice de valor de importancia en porcentaje de encino para cada combinación de factores, árboles $\geq 5$ cm dap.....	45
Figura 21. Distribución diamétrica de individuos de <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i> en cada tratamiento, árboles $\geq 10$ cm dap.....	48
Figura 22. Promedio del número total de individuos/ha por tratamiento, árboles $\geq 5$ cm dap.....	51
Figura 23. Promedio del área basal total m <sup>2</sup> /ha por tratamiento, árboles $\geq 5$ cm dap.....	52
Figura 24. Abundancia total de individuos para las 5 categorías diamétricas en cada tratamiento, árboles $\geq 5$ cm dap.....	53
Figura 25. Abundancia de individuos de pino (a) y de encino (b) para las 5 categorías diamétricas, árboles $\geq 5$ cm dap.....	57
Figura 26. Abundancia total de individuos de latifoliadas en cada tratamiento, árboles $\geq 5$ cm dap.....	60
Figura 27. Área basal de latifoliadas para cada tratamiento, árboles $\geq 5$ cm dap.....	61
Figura 28. Abundancia de latizales de pino/m <sup>2</sup> , árboles $\geq 25$ cm de altura y $< 5$ cm dap.....	61
Figura 29. Abundancia de latizales de encino/m <sup>2</sup> , árboles $\geq 25$ cm de altura y $< 5$ cm dap.....	62

## I. Introducción

Los bosques de coníferas, frecuentes en las zonas de clima templado y frío del hemisferio boreal, también caracterizan muchos sectores del territorio de México, donde presentan amplia diversidad florística y ecológica. Se les encuentra prácticamente desde el nivel del mar hasta el límite de la vegetación arbórea. Para México el género más importante es *Pinus*, el cual se encuentra frecuentemente asociado a especies del género *Quercus* (Rzedowski 1977).

México es centro de diversidad tanto de pinos como de encinos, con más del 50% de todas las especies de pino y más de 150 de las especies de encinos del planeta. Estos bosques albergan una gran cantidad de especies, incluso endémicas y con alguna categoría de protección (WWF 2004). Por lo anterior, los pinos junto con los encinos, son los árboles más importantes de los bosques templados de México (González 1993).

Desde el punto de vista económico y silvícola, son las especies de *Pinus* las que poseen mayor valor dentro de los bosques mixtos de pino-encino. En México, los pinos son la fuente principal de madera blanda, sus semillas son llevadas a diferentes partes del mundo para establecer plantaciones de alto rendimiento, entre otros usos (Niembro 1986, Perry 1991). La importancia de los encinos es menor, principalmente por la falta de mercado. Aunque también son utilizados como fuente de carbón, leña y madera para muebles, pisos y mangos de herramientas (González 1993).

En la actualidad, las especies de *Pinus*, como parte de los bosques de pino-encino, son fuertemente afectadas por las actividades humanas como la sobreexplotación, la destrucción de los ecosistemas naturales, incendios frecuentes (aunque en algunos casos les favorece), plagas y huracanes (Del Castillo *et al* 2004). Así mismo, la fuerte competencia de éstos con los encinos y el deficiente manejo silvícola contribuyen a la disminución de sus poblaciones (Jardel 1985).

Del Castillo *et al* (2004), menciona que el aprovechamiento forestal es quizá la mejor garantía para la conservación de los bosques cuando esta se realiza en forma racional. El mismo autor nombra varias comunidades del Estado de Oaxaca en México que cuentan con planes de manejo forestal (en bosques de pino y encino) y que poseen bosques en

mejor estado de conservación que aquellas comunidades que se dedican a actividades agrícolas o pecuarias.

El presente estudio se realizó en el bosque de pino-encino situado en la comunidad de Ixtlán de Juárez, en el Estado de Oaxaca en México. Estos bosques se encuentran bajo aprovechamiento forestal desde mediados del siglo XX, la madera es extraída casi en su totalidad de las especies de *Pinus* ahí existentes (Montes 1995). Durante el ciclo 1993-2003 se aplicaron dos métodos de regeneración, el método de selección y el método de árboles padre, los cuales fueron evaluados en esta investigación.

La necesidad de evaluar rodales intervenidos por el aprovechamiento forestal, surgió de una de las condicionantes emitidas por Smartwood y CCMSS (2004), quienes otorgaron la certificación forestal a la comunidad de Ixtlán en el año 2001. Al respecto, los certificadores señalan la necesidad de realizar una evaluación de cada anualidad intervenida con la finalidad de conocer los efectos en el bosque de los tratamientos silvícolas aplicados. Por lo anterior se estableció la presente investigación bajo los siguientes objetivos.

## **1.1 Objetivos**

### **Objetivo General**

Contribuir al conocimiento del estado actual de los bosques de pino-encino, así como identificar el impacto que tiene sobre ellos el manejo silvícola en la comunidad de Ixtlán de Juárez de Oaxaca, México.

### **Objetivos específicos**

Identificar los efectos de la aplicación de diferentes métodos silvícolas en la regeneración, estructura, composición y diversidad vegetal de los rodales de pino-encino.

Determinar la relación que existe entre la regeneración y las condiciones del sitio.

Identificar algunas recomendaciones para el manejo forestal de Ixtlán.

## **1.2 Hipótesis**

Los métodos de regeneración, tal como se vienen aplicando en la comunidad de Ixtlán, cambian de manera significativa la estructura, composición y diversidad de la vegetación de los bosques de pino-encino.

La regeneración de la vegetación varía con respecto a las condiciones de sitio y la estructura que genera el aprovechamiento forestal.

## **II. Justificación**

Los pinos constituyen el recurso forestal más importante de México, ya que un 80% de la producción de madera y casi el total de la producción de resinas del país provienen de estos árboles (SARH, citado por Jardel 1985). Para el Estado de Oaxaca existen evidencias de sobreexplotación forestal que datan de la época colonial y los pinos parecen haber sido los primeros afectados (Del Castillo et al 2004).

Específicamente para la zona de estudio, la historia del aprovechamiento forestal de la comunidad de Ixtlán comenzó en el año 1940 cuando llega la primera concesión privada. Posteriormente en 1964 se crea la paraestatal Fábricas de Papel Tuxtepec (FAPATUX), quién se erigió como el único concesionario de los bosques de la región de la Sierra Juárez (Montes 1995).

En el año de 1981 se constituye la unidad de producción “Lic. José López Portillo” conformada por varias comunidades la cual funcionó hasta el año de 1988. En este mismo año la comunidad de Ixtlán de Juárez comienza con su propia empresa comunal. En el período de 1984 a 1994 los volúmenes extraídos fueron en promedio de 25,000 m<sup>3</sup>/año (Smartwood y CCMSS 2004).

Jardel (1985) menciona que los bosques de la zona se han aprovechado con el método de corta selectiva desde 1958. El mismo autor menciona que uno de los principales efectos de la corta selectiva es la dominancia en área basal del encino sobre el pino, debido en parte a la falta de tratamiento sobre el encino y la apertura del dosel generada.

En la época actual, la comunidad de Ixtlán ha desarrollado un conjunto de habilidades que le han permitido establecer una empresa comunal, sus propios servicios técnicos

forestales y darle un valor agregado a la madera con su moderna estufa de secado y posteriormente aún más a través de su fábrica de muebles. Todo ello le permite ser una comunidad exitosa desde el punto de vista social, económico y de manejo de sus ecosistemas (Smartwood y CCMSS 2004).

Sin embargo, el reporte de certificación realizado por el programa Smartwood y el Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, por sus siglas CCMSS (2004), emite algunas recomendaciones. Una de ellas se refiere a evaluar la respuesta del bosque a los tratamientos silvícolas aplicados con el fin de asegurar un rendimiento sostenible de las especies bajo manejo; revisar la aplicación de las cortas selectivas en los rodales con el fin de evitar el descreme; evaluar cada anualidad intervenida para conocer la respuesta del bosque a los tratamientos silvícolas aplicados y por último dar un enfoque más integral en el plan de manejo incorporando otros aspectos ecológicos.

Durante el ciclo de corta 1993-2003 se aplican dos métodos de regeneración en el bosque de pino-encino de la comunidad de Ixtlán, el método de selección y el método de árboles padre. TIASA (2003) menciona que el método de selección dio como resultado una escasa regeneración debido a espacios suficientemente grandes que permitieran la entrada de luz y a la falta de control sobre especies de latifoliadas. Sobre el método de árboles padre, mencionan que se encontró una mejor respuesta de la regeneración, sobre todo cuando el número de árboles padre no fue excesivo y los encinos fueron extraídos.

Con la finalidad de aportar más información a la comunidad de Ixtlán sobre la respuesta del bosque a los tratamientos aplicados, se estableció en el presente estudio evaluar algunas anualidades del ciclo 1993-2003 en aspectos como estructura, diversidad y composición, esperando que los resultados sean de apoyo en el manejo forestal.

### III. Revisión de Literatura

#### 3.1. Características generales del género *Pinus*

A pesar de la abundancia indiscutible de latifoliadas en las latitudes bajas, existe un número alto de especies de coníferas tropicales. De los 50 géneros de coníferas existentes a nivel mundial, por lo menos 20 de ellos, con más de 200 especies, se encuentran en los trópicos o son exclusivas de los mismos. Se supone que las coníferas se originaron a finales del período carbonífero, en las latitudes actualmente templadas del hemisferio norte, pero que en ese período tenían un clima tropical. Por lo tanto, se les debe considerar como plantas de origen tropical. La inmigración hacia las bajas latitudes americanas y asiáticas ocurrió a través de las cordilleras y el puente indopacífico, respectivamente (Lamprecht, 1990).

El género *Pinus* es de los más viejos y ampliamente diseminados (Denevan 1961, Styles 1993) y de los más grandes e importantes géneros de coníferas en el mundo. Los pinos comprenden unas 100 especies, numerosas variedades y formas, así como una gran variedad de híbridos tanto naturales como artificiales (Mirov, 1967; Krugman y Jenkinson, citados por Niembro 1986).

Los pinos en forma natural, están casi completamente confinados al Hemisferio Norte. Están representados en México por cerca del 45 % de las especies que componen el género. Con lo cual el país posee la mayor concentración de especies de pinos que cualquier otro del mundo. Muchas veces los pinos se encuentran asociados con especies del género *Quercus*, aunque el 45% de los bosques de pino son masas puras. En México, solamente en Estados con una alta proporción de tierras bajas tropicales como Campeche, Tabasco y Yucatán no hay pinos nativos. Otros como Nuevo León, Jalisco, Michoacán, Chihuahua, México, Puebla, Coahuila e Hidalgo tienen más de 20 especies cada uno, sin contar taxa intraespecíficas (Styles 1993).

Todos los pinos son leñosos y muchos forman bosques de árboles grandes, algunos superan los 40 m de altura. Frecuentemente crecen en masas, en bosques compuestos de una sola especie o una mezcla de varias especies. De acuerdo al sistema de Little and Critchfield (citados por Styles 1993), el género se divide en dos grandes grupos:

1. Haploxyton. Todavía no se conoce con exactitud el número de especies de este grupo conocido como pinos blancos o suaves que existen en México. Las especies de América morfológicamente forman un grupo coherente con cinco acículas elongadas, conos con escamas delgadas que abren para soltar sus semillas maduras. Estas semillas son típicamente aladas. Las especies de este grupo son muy apreciadas por la industria y los forestales por su excelente pero resinosa madera. También son conocidos por su facilidad para cruzarse y obtener híbridos. Algunos representantes son *Pinus ayacahuite* y *Pinus chiapensis*.

2. Diploxyton. También llamados pinos duros. Las especies contenidas en este grupo muestran la vaina y la bráctea decurrente que son deciduos. Algunos representantes de este grupo son *Pinus rudis* y *Pinus michoacana*.

### **3.1.1 Historia geológica y distribución**

#### **Historia geológica**

De acuerdo a Florin (citado por Styles 1993) la familia Pinaceae y el género *Pinus* se originaron en el hemisferio Norte durante el período Jurásico de la era Mesozoica. De hecho, en el Cretácico, los dos grupos más grandes de pinos, haploxyton y diploxyton, ya estaban diferenciados (Perry 1991).

En la era Mesozoica y Cenozoica, en la etapa superior del Pleistoceno medio, Norteamérica estuvo conectada al noreste de Asia en lo que ahora es el área del presente Mar de Bering. Durante este período, Norteamérica también estuvo unida al norte de Europa a través de conexiones terrestres con Groenlandia e Islandia. Estas conexiones sirvieron como rutas de migración para los pinos que avanzaron desde el noreste de Asia al Norte de América y desde éste último punto al norte de Europa. Durante el período Cretácico, los pinos se distribuyeron ampliamente en lo que ahora es Canadá y los Estados Unidos (Perry 1991).

En la etapa temprana del período Terciario, cuando los mares cretácicos que cubrieron la parte central-oeste de los Estados Unidos y Canadá, así como la mayor parte de México y Guatemala se apaciguaron, los pinos migraron hacia México desde el oeste de los

Estados Unidos a lo largo de las cordilleras montañosas. Los cambios en la topografía en esta zona de Norteamérica ocurridos para el final de este mismo período y el advenimiento de las glaciaciones en el período Cuaternario que cubrieron Canadá y el norte de Estados Unidos, tuvieron efectos en las poblaciones de pinos. Algunas especies sobrevivieron en pequeños refugios, otras desaparecieron y algunas más migraron hacia el sur (Perry 1991).

No hay duda que la migración de los pinos desde Estados Unidos a México, ocurrió por las cordilleras montañosas. En México existen dos importantes cordilleras: La Sierra Madre Occidental en el oeste y la Sierra Madre Oriental en el este. Ambas son continuación de las cordilleras de Estados Unidos. Frecuentemente entre éstas existen sitios de clima seco o desértico por todo el país hasta llegar al Istmo de Tehuantepec. Actualmente esta zona forma una especie de barrera entre los pinos que crecen en las montañas de Oaxaca y los que crecen en las montañas de Chiapas (Perry 1991). Cuando los pinos entraron por la Sierra Madre Oriental lo hicieron junto con otras angiospermas como *Quercus*, *Alnus*, *Magnolia* y *Liquidambar styracifolia* (Martín y Arel citados por Styles 1993).

Los pinos son especies pioneras y probablemente se dispersaron rápido sobre los flujos de lava producto de la actividad volcánica que ocurrieron en gran parte del territorio mexicano. Esta dispersión, fue seguida de una radiación en la meseta central y así gradualmente hasta llegar al Istmo de Tehuantepec (Styles 1993).

### **Distribución**

Los pinos de México y Centroamérica ocurren entre las latitudes 12 y 32° N. El trópico de Cáncer cruza México en el centro del país, por lo cual la mayor parte de las áreas de pino pueden considerarse tropicales. Sin embargo, esto es solo geográficamente hablando, pero no en el sentido climático (Perry 1991).

En México, la mayoría de las especies de pinos están confinadas a las cadenas montañosas o a las mesetas. Eguiluz (citado por Styles 1993) identificó seis principales áreas de distribución.

- a) Sierra Madre Occidental, formada principalmente por rocas del Cretácico.
- b) Sierra Madre Oriental.
- c) Eje Neovolcánico y la Mesa Central. Esta área es considerada de gran importancia en la historia evolutiva del género como una conexión entre las dos primeras cordilleras. Los disturbios topográficos(volcánicos) han proveído de muchos microhábitats, permitiendo la hibridación, la radiación adaptativa y la especiación.
- d) Sierra Juárez y Sierra de San Pedro Mártir, Baja California. Estas áreas han permitido la introducción de especies distribuidas en Norteamérica principalmente, a México.
- e) Sierra Madre del Sur y Macizo de Oaxaca.
- f) Sierra de San Cristóbal y Sierra Madre de Chiapas.

Localmente, la distribución de las coníferas (lo cuál incluye a los pinos) en el Estado de Oaxaca, México, parece estar asociada a cuatro factores: estado sucesional del rodal, suelo, altitud (clima) y fuego. Por ejemplo, *Pinus chiapensis* y *P. leiophylla* se presentan en etapas sucesionales tempranas del bosque. Con respecto al tipo de suelo, *P. hartwegii* crece preferentemente en suelos oscuros tipo “chernozem”. En cuanto a la altitud, las coníferas se distribuyen en altitudes superiores a los 1500 m; de hecho, la diversidad es más elevada en la región de la Sierra Norte y la Sierra Sur, donde se presentan las elevaciones prominentes del estado, mientras que en las regiones de baja altitud, como la costa del Pacífico y la planicie costera del Golfo, tienen menor diversidad (Del Castillo *et al.* 2004)

### 3.1.2 Ecología

Los pinos son especies adaptadas a estadíos sucesionales tempranos, considerados dentro del grupo de las especies pioneras con pocas exigencias medioambientales y de rápido crecimiento. Sus pequeñas semillas son diseminadas por el viento y se establecen rápidamente aún en suelos pobres, gracias a sus bajos requerimientos nutricionales, más bajos que los de otras plantas utilizadas en la agricultura y aún las latifoliadas; además poseen mayor resistencia a la sequía que las plántulas de otros árboles. Sin embargo, las semillas de los pinos cuentan con pocas reservas de nutrientes, por lo que requieren que su radícula alcance rápidamente el suelo mineral y que exista un buen aporte de luz para iniciar la fotosíntesis (Jardel 1985, Mirov1967). No obstante, los pinos no evitan suelos

ricos y enseguida invaden cultivos abandonados. Las micorrizas son altamente benéficas para su nutrición (Mirov 1967).

Por lo general, los pinos forman bosques abiertos y se encuentran muy expuestos al pastoreo y a los incendios (Hartshorn 2002). Son capaces de colonizar superficies como sabanas, áreas de cultivo y de pastoreo abandonadas, principalmente en condiciones desfavorables para las especies pioneras latifoliadas, como climas muy fríos y/o muy secos, suelos degradados, erosionados, pobres y poco profundos (Jardel 1985).

En cuanto al proceso de sucesión, la sustitución de pinos por latifoliadas es el curso normal que se espera en la sucesión. Christensen y Peet (citados por Jardel, 1985), en un estudio sucesional en Carolina del Norte, encontraron que los pinos se establecían rápidamente en las áreas abiertas y que durante los primeros 100 años de desarrollo del bosque constituían el 90 % de la biomasa y la producción totales.

Refiriéndonos al área de estudio de interés, aunque no está bien documentado, se puede sostener que los pinares mexicanos son, en gran parte, comunidades secundarias o en un estado sucesional temprano. Se mantienen por condiciones climáticas adversas o por la acción del hombre (incendios y desmontes). Stern y Roche (citados por Jardel 1985), al discutir los efectos del hombre sobre los sistemas forestales, consideran que muchos de los pinares de Norteamérica han sido inducidos por las actividades humanas. Considerando que México ha estado poblado desde épocas relativamente remotas por cazadores y agricultores que utilizaban frecuentemente el fuego, y que además ha existido actividad volcánica hasta tiempos recientes, resulta certera la hipótesis (Jardel 1985).

Los incendios intensivos que destruyen todo el sotobosque, son relativamente raros y tienen efectos positivos para los pinos. En el caso de los incendios más frecuentes, los cuales son débiles por que la biomasa no se puede acumular, son eliminadas solamente las plantas jóvenes de pino, mientras que el matorral latifoliado sobrevive. El aumento del matorral dificulta inicialmente la regeneración exitosa de los pinos y luego la hace imposible. La frecuente intervención humana, sin embargo, tiene efectos negativos y puede producir serios daños a la regeneración. Por ello, estos bosques naturales se encuentran en algunos lugares en una situación grave (Lamprecht 1990).

Con respecto a su distribución altitudinal, pueden extenderse más allá del límite de vegetación. Una de las coníferas más importantes en este rango es *Pinus hartwegii* que en México se localiza cercano a los picos volcánicos. En el siguiente piso montano (6 a 12°C), las coníferas y latifoliadas comienzan un esfuerzo a largo plazo por dominar, no tan obvio como en climas más cálidos. Las condiciones edáficas que retrasan el desarrollo de las latifoliadas y el fuego extensivo pueden permitir a las coníferas dominar por siglos. En las zonas cálidas los pinos, entran en franca desventaja y en mayor competencia con otras coníferas y latifoliadas. Las poblaciones están muy claramente restringidas a suelos pobres o condiciones edáficas especiales. Una de las especies de pino encontradas a lo largo de la línea de transición con el piso montano bajo, es *P. chiapensis*, que parece ser una especie definida de borde (Holdridge 1954).

Los pinos son elementos de muchas asociaciones ecológicas. Pueden existir en masas puras, mezclados con otras especies de pinos o con latifoliadas. Algunos pinos tienen hábitats restringidos, como pendientes muy áridas, ambientes secos y cálidos, altitudes mayores y sitios húmedos. Aunque son excluidos de sitios favorables por especies altamente competitivas. Las poblaciones de una misma especie localizadas en diferentes ambientes, son frecuentemente, no siempre, conocidas como subespecies. En otras palabras, los pinos están generalmente adaptados a condiciones relativamente frías, templadas y de humedad mínima. Desviaciones de este patrón general no son muy frecuentes (Mirov 1967).

### **3.1.3 Estado de conservación de los bosques de pino**

De acuerdo con Arriaga *et al.* (2000), la región de la Sierra Juárez está comprendida dentro de la zona prioritaria 130 a nivel de país. La selección de zonas prioritarias para México fue hecha en base a la presencia de endemismos, diversidad de ecosistemas, riqueza, manejo adecuado y presencia de grupos organizados, entre otros elementos. En el ámbito internacional, para Dinerstein, *et al.* (1995) los bosques de coníferas y latifoliadas de la Sierra Juárez, en conjunto con otras regiones de México, están considerados como uno de los bosques más diversos y complejos del mundo.

Los pinos son afectados fuertemente por las actividades humanas. La destrucción de los ecosistemas naturales y la sobreexplotación de algunas especies amenazan a algunas poblaciones. Este problema se ha agudizado en los últimos años (Del Castillo *et al.* 2004).

Las primeras evidencias de sobreexplotación forestal en Oaxaca datan de la época colonial y los pinos parecen haber sido los primeros afectados. En la actualidad la explotación de pino se ha incrementado por el desplome del precio del café; por lo tanto la madera se ha convertido en una alternativa económica importante, a veces con efectos negativos para sus poblaciones. Paradójicamente, el aprovechamiento forestal es quizá una mejor garantía para la conservación de los bosques, cuando ésta es realizada en forma racional. Comunidades como Capulalpam de Méndez o Ixtlán de Juárez (en la Sierra Juárez) que cuentan con planes de aprovechamiento forestal, tienen bosques en mejor estado de conservación que aquellas comunidades que se dedican a actividades agrícolas o pecuarias (Del Castillo *et al.* 2004).

Otra problemática detectada son los patógenos (*needle cast, needle rust, stem rusts, stem canker and heart rot*), las enfermedades no son un factor que cause la reducción de los bosques de pino. Sin embargo, la planta parásita, *dwarf mistletoe (Arceuthobium)*, es encontrada en casi todos los bosques de pino y en algunas áreas causa daños extensos, particularmente en los árboles jóvenes (Perry 1991).

El mismo autor menciona que en todos los bosques de pino de México es posible encontrar distintas plagas de insectos atacando los árboles. Frecuentemente estas son especies de *Rhyacionia Pine tip moth, Pissodes spp. Shoot weevil*, defoliadores (*Trotricidae*) y *cone weevils (Curculionidae)*. Estos insectos tienen un impacto en los bosques de pino mexicanos, sin embargo no se compara con el daño ocasionado por el descortezador, *Dendroctonus mexicanus* Hopk (*Coleoptera*) Existen registros desde 1900 de los severos daños por el ataque del barrenador en varios estados de México. Hasta la actualidad no hay datos que indiquen la pérdida de bosques por esta plaga, pero sin duda es de magnitudes enormes. Algunas de estas áreas son reforestadas y otras más se convierten en tierras para las actividades agrícolas

Por último, están los impactos por la apertura de la frontera agrícola y ganadera e incendios forestales. Todo esto ocurre dentro de un contexto de políticas de gobierno inadecuadas (Perry 1991, Del Castillo *et al.* 2004).

La importancia de los pinos en la industria forestal en México significa que la explotación forestal está incrementándose y en algunos sitios es indiscriminada. Las áreas antes cubiertas por bosques de pino han sido completamente diezmadas resultando en la erosión de las montañas como una característica común a través de toda la república. Otra razón para la disminución de las especies incluye la indiscriminada destrucción del ambiente forestal para la producción agrícola, particularmente donde la presión de la población es grande y el suelo fértil. Un buen ejemplo de esto es *Pinus chiapensis* en el sur de México (Styles 1993).

Los pinos son la principal fuente de madera blanda, para construcciones de todo tipo, la manufactura de pulpa y papel, la producción de resina y aceite de madera; las semillas de los pinos aparte de ser usadas como alimento por el hombre y la fauna silvestre, constituyen la materia prima en los programas de producción de plantas destinadas a las labores de reforestación y forestación, así como para el establecimiento de plantaciones comerciales de alto rendimiento y quizás la más importante de todas es ser una fuente de combustible para millones de personas. Por lo tanto desde el punto de vista económico y silvícola los pinos son las coníferas mas importantes de México (Niembro 1986, Perry 1991).

### **3.2 El género *Quercus***

*Quercus* (encino, roble), es uno de los más importantes géneros de plantas leñosas del hemisferio Norte. El género es ampliamente distribuido desde el sur de Canadá a Colombia, en Sudamérica (Nixon 1993). Una estimación razonable de las especies de encinos para el hemisferio occidental es de cerca de 200 a 225 especies. De éstas, se estima que existen cerca de 135-150 especies de encinos en México, de las cuales 87 son endémicas. Las tierras altas del centro y este de México son el mayor centro de diversidad para el género. Tres secciones de encinos existen en México, pero la delimitación de grupos de especies dentro de las secciones es difícil. En el oeste

Norteamericano se encontraron hojas fósiles provenientes de depósitos del terciario parecidos a encinos rojos modernos existentes en México.

El mismo autor señala que aunque *Quercus* es considerado un género templado, hay numerosas especies en las montañas de los trópicos y los subtrópicos del sureste de Asia y Latinoamérica. En México, *Quercus*, se concentra en los bosques de pino y encino pero también existe en diferentes hábitats. Los encinos tienen un amplio rango de diversidad de formas de vida, desde arbustos rhizomatosos bajos en pendientes secas y picos de las montañas a extensos bosques de árboles con contrafuertes en bosques húmedos de tierras bajas.

Después de las coníferas los encinos constituyen el grupo más importante en el territorio mexicano (Martínez 1954). Todas las principales cordilleras montañosas de México son ricas en encinos y es el mayor componente en términos de biomasa, particularmente en el bosque de pino y encino, matorral, encinal y bosques nublados (Rzedowski, 1977).

Las características de muchos de los bosques mexicanos están influenciadas por las especies de encinos. Aunque muchas especies de encinos parecen ser resilientes en el sentido de rebrotar después de ser cortados, los efectos a largo plazo son desconocidos. Indudablemente se puede reducir la variación genética dentro de las especies. Los bosques de pino y encino poseen una gran diversidad de plantas y animales, por lo que su pérdida debido al impacto humano, puede afectar la diversidad de la biota mexicana en gran escala (Nixon 1993).

### **3.3 Regeneración natural en los bosques de pino y encino**

Para Musálem y Fierros (1996), la regeneración es el reemplazo de árboles viejos por nuevos o bien son los nuevos árboles que empiezan a desarrollar. A la regeneración que aparece antes de aplicar cualquier tratamiento se le conoce como regeneración anticipada. La regeneración natural por semilla es el mayor reto de la silvicultura. Una vez que las semillas caen en el piso del bosque, la germinación y el desarrollo de la planta soportarán la etapa más crítica de su existencia.

Existen muchas formas en las que puede clasificarse la regeneración natural por ejemplo Aus der Beek y Sáenz (1992) y Camacho (2000), proponen la clase dimensional, que se divide en tres categorías:

- a) Plántula: individuos mayor e iguales a 0.1 m de altura y menores a 0.3 metros.
- b) Brinzal: individuos mayores e iguales a 0.3 m a menos de 1.5 m de altura.
- c) Latizal bajo: de 1.5 m de altura a un diámetro 5 cm.
- d) Latizal alto: de 5 cm a 9.9 cm de diámetro.

Existen diversos factores ambientales que influyen en el éxito de la regeneración natural. De los más importantes y que pueden provocar cambios drásticos en la dinámica del rodal, están las perturbaciones naturales. Algunos otros son el microclima, medio de germinación y los factores bióticos (Musálem y Fierros 1996).

En lo referente al microclima, la radiación solar es importante en cantidad y calidad. La temperatura está fuertemente influenciada por la cantidad de luz solar. Siendo mayor en las aperturas, que durante el día, reciben la luz solar directa y durante la noche pierden con facilidad el calor generado. La temperatura de la superficie del suelo también se ve influenciada por las características físicas del mismo o de la cobertura vegetal, así como por la topografía. A su vez, la humedad relativa y el movimiento de la capa de aire arriba del suelo interactúan con la temperatura. Si la humedad es poca y la temperatura es alta, el suelo y la planta pierden agua. Por otra parte, a mayor velocidad del viento el proceso de pérdida de humedad es más rápido. El bióxido de carbono es también un factor importante, siendo mayor bajo la sombra que en las aperturas (Musálem y Fierros 1996).

Las condiciones del medio de germinación se refieren principalmente al sustrato en el que son depositadas las semillas. El piso de un bosque puede estar cubierto por hojarasca (en diferentes grados de descomposición), pastos, helechos, musgos, líquenes, herbáceas y arbustos leñosos, o bien suelo mineral desnudo. La hojarasca es el medio más frecuente en los rodales naturales. Puede ser un medio adecuado si está protegida de la luz solar, ya que de esta manera se protege contra la desecación y la insolación. De los factores bióticos, las micorrizas se encuentran en abundancia en los bosques y son importantes a un micronivel. Los hongos son nocivos si están combinados con condiciones de sombra y humedad muy altas. La depredación por roedores, pájaros e insectos son de especial

importancia, siendo independientes del medio de crecimiento y condiciones del dosel (Musálem y Fierros 1996).

El conocimiento de estos factores ambientales y su influencia sobre la dinámica del bosque, en especial sobre la regeneración natural, son de suma importancia para el desarrollo de formas sostenibles de manejo (Aus der Beek y Sáenz 1992).

En referencia a la silvicultura, Musalem y Fierros (1996) mencionan que la regeneración de un rodal puede existir en cantidad suficiente por medio de cortas de regeneración que permitan una adecuada penetración de luz, además del tratamiento al suelo. La corta de matarrasa permite un 100 % de luz solar directa y reduce significativamente la competencia de raíces. En el sentido opuesto, las cortas de selección de árboles individuales solo modifican ligeramente la exposición a la luz directa y la ocupación del suelo por las raíces. Después de las cortas de selección, están las cortas de protección y el tratamiento de árboles padres que generan una apertura aproximada del 80%. Sin embargo el tamaño de la apertura dependerá de la especie, topografía y clima. Los métodos mencionados serán descritos en un capítulo posterior.

### **3.4 Estructura horizontal de bosques naturales**

La importancia del estudio de la estructura poblacional está en poder analizar la dinámica del rodal, pues variables muy importantes como la capacidad reproductiva y la mortalidad están estrechamente relacionadas a la etapa del desarrollo (Finegan 1992).

La estructura está ligada a las operaciones de manejo en una forma clara y directa, afectando la densidad del rodal y el área basal. Por lo cual ofrece una base empírica clara para la interpretación de la respuesta del bosque a los impactos de manejo (Finegan *et al.* 2004)

La estructura horizontal de una población o de un bosque en su conjunto se puede describir mediante la distribución del número de árboles por clase diamétrica. Las características del suelo y clima, las características y estrategias de las especies y los efectos de disturbios sobre la dinámica del bosque determinan la estructura horizontal del mismo, que se refleja en la distribución de los árboles por clase diamétrica. Este tipo de

estructura es el resultado de la respuesta de las plantas a su entorno. Cambios en estos factores causan variaciones en la estructura. Según Louman (2001), los cambios pueden ser intrínsecos (etapas de la sucesión) o externos (aprovechamiento forestal, huracanes, etc.). Así se han definido dos estructuras principales: las coetáneas y las disetáneas o irregulares (Hawley y Smith 1972).

Una estructura coetánea corresponde a un bosque en el cual la mayor parte de los individuos se concentran en una misma clase de edad o tamaño (Louman *et al.* 2001). Los rodales disetáneos son de dos tipos. El rodal disetáneo completo es en donde existen todas las clases de edad, desde la más joven hasta la edad del turno. El rodal incoetáneo incompleto es aquel en el que algunas clases de edad están ausentes lo que trae como consecuencia la escasez de árboles maduros en algún intervalo de tiempo. Identificar las clases de edad y dimensiones es importante para saber donde y cuando aplicar las cortas de regeneración y los tratamientos intermedios adecuados para cada caso. De esta manera se pretende lograr la estructura requerida para lograr los objetivos de los planes de manejo (Musalem y Fierros 1996).

Gráficamente cada una de estas estructuras de edades se pueden representar, mostrando el número de árboles contra el diámetro. En un rodal coetáneo la forma de la curva sería la de una normal o campana. En un rodal incoetáneo completo la distribución diamétrica será la de una jota invertida y en un rodal incoetáneo incompleto se presentarán pequeñas "jorobas" en la curva producto de la distribución desigual de cada edad (Musalem y Fierros 1996).

La composición y estructura de los rodales en pinos, pueden ser puros o mezclados. Los últimos son más difíciles de encontrar en la naturaleza. Los rodales puros representan etapas inferiores al clímax con frecuencia están detenidas debido a las condiciones climáticas, de suelo, latitud, elevación o bien por la presencia de disturbios (plagas, incendios, desastres naturales, etc). Ambos presentan ventajas y desventajas, las ventajas biológicas se inclinan por las masas mezcladas y, las económicas y de ordenación, por los rodales puros. Sin embargo, lo contrario puede ocurrir (Musalem y Fierros 1996).

Dentro de la silvicultura, la medida más importante de la estructura horizontal es el área basal. El área basal es un indicador del grado de desarrollo y competencia (Finegan 1992). La distribución del área basal por clase diamétrica es útil para calcular el potencial de recuperación de un bosque después de intervenido, es usado cuando existen datos poco precisos sobre la dinámica del bosque. El área basal total y su distribución por clases diamétricas pueden reflejar el grado de intervención en un bosque. Al respecto, Louman *et al.* (2001) señalan que los bosques no intervenidos generalmente muestran una acumulación de área basal en la última clase diamétrica.

### **3.5 Efectos del aprovechamiento forestal**

El aprovechamiento del bosque es una de las actividades humanas que causan perturbaciones en el sitio donde son llevadas a cabo, que incluso pueden tener consecuencias económicas y ecológicas drásticas cuando es ejecutado sin criterios de sostenibilidad. Debido a su naturaleza siempre se provocará algún daño al ecosistema y la intensidad se ve influenciada por el método aplicado (Melo 1993).

Para Finegan (1992) el manejo del bosque para fines de producción cambia el régimen de perturbación, debiendo influenciar en la estructura y composición del bosque. Estos cambios afectarán el potencial productivo del bosque.

Valerio y Salas (1998) mencionan que el éxito en la producción de madera en el trópico se debe más a factores económicos, políticos y sociales, que a desaciertos silviculturales o limitaciones ecológicas.

### **3.6 Impactos de métodos de regeneración en bosques de pino-encino**

La silvicultura pretende controlar el establecimiento, composición, densidad, estructura y crecimiento del bosque. Por lo tanto, deben elegirse tratamientos adecuados para obtener la producción deseada. Sin embargo, los bosques siempre se han mantenido, generado y crecido sin la intervención humana, ¿Qué razón existe para manejarlos?. Debido a que en forma natural el proceso de formación de un bosque es muy lenta, la silvicultura tiene como uno de sus objetivos el de acelerar este proceso. En silvicultura se trabaja por lo

general, con especies que forman parte de etapas serales inferiores al clímax (Musalem y Fierros 1996).

De acuerdo con Musálem y Fierros (1996), los tratamientos silvícolas se clasifican en tres categorías: métodos de regeneración, cuidados o cortas intermedias y protección contra daños. Los métodos de regeneración son los tratamientos de interés en esta investigación. Estos se aplican al rodal y al sitio durante el período de restablecimiento de la regeneración. Un método de regeneración es aquel en el que un rodal es establecido o renovado, llevándose a cabo durante el período de regeneración.

Los métodos de regeneración son de dos tipos: de monte alto, donde la regeneración se obtiene a partir de semilla, en forma natural o artificial; el método de monte bajo, en el que se produce un nuevo rodal a partir de reproducción vegetativa. Dentro de los métodos de monte alto existe la generación de rodales coetáneos e irregulares (incoetáneos). Para generar rodales coetáneos, los métodos utilizados son matarrasa, árboles padres, cortas de protección o sucesivas. Para la generación de rodales incoetáneos, se encuentra el denominado método de selección (Hawley y Smith 1972).

### **3.6.1 Método de selección**

En el método de selección, una de sus principales características es que la regeneración no pierde la protección de los árboles del rodal maduro y también que el grado de exposición del piso forestal es muy reducido. Su objetivo es que las cortas de regeneración se puedan extender durante todo el turno, por lo tanto se generan rodales incoetáneos (Musalem y Fierros 1996).

La selección de los árboles a ser considerados dependerá de una combinación de factores económicos y ecológicos. Teóricamente se extraen los árboles viejos y maduros que presentan un diámetro mínimo. Pero puede suceder que algunos individuos con estas características no sean extraídos por ser una fuente de semillas o bien incrementar su valor o tamaño a un ritmo acelerado, o servir como protección a la regeneración. Por otro lado, árboles con diámetros inferiores pueden ser seleccionados para removerse por tener mala forma o interferir en las operaciones de extracción. Generalmente se toman las

siguientes características para seleccionar un árbol: posición relativa de la copa, edad y/o tamaño, calidad y vigor (Musalem y Fierros 1996).

Musalem y Fierros (1996) presentan tres diferentes formas de llevar a cabo el método de selección. Los tres métodos son: el método de selección individual, grupal y en fajas. Cada uno es explicado en el Cuadro 1.

De manera general, con el método de selección se presentan ventajas como ser el único método capaz de crear rodales incoetáneos; el suelo nunca se ve desprovisto de vegetación; es un método muy estético; hay un flujo constante de ingresos.

De las mayores desventajas que presenta es que el método puede degenerar en una corta selectiva, bajo una aplicación extensiva por que solo se corta lo mejor y se dejan individuos de menor calidad lo que ocasiona el empobrecimiento del bosque. El costo de extracción es elevado pues los rendimientos son bajos; como el rodal está permanentemente en un periodo de regeneración dificulta el uso múltiple del rodal (Hawley y Smith 1972). Se favorecen especies tolerantes a la sombra y el control en campo es relativamente intensivo. (Troensegaard, citado por Aus der Beek y Sáenz 1992, Hawley y Smith 1972).

**Cuadro 1.** Métodos de selección.

<b>Método de Selección</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Desventaja</b>
<b>Selección Individual</b>	La regeneración se desarrolla en pequeñas aberturas; es apropiado para especies muy tolerantes a la sombra.	Ideal desde el punto de vista conservacionista, por el tamaño pequeño de los claros y estética	Las operaciones son difíciles y costosas, por proteger a la regeneración. Es necesario hacer cortas ligeras frecuentes. Bajos rendimientos.
<b>Selección Grupal</b>	Se seleccionan grupos de árboles para ser cortados	Mayores ventajas desde el punto de vista operativo. Mayores aberturas por lo que se adapta a más especies. Menores costos.	Mayor variabilidad de condiciones microambientales en las aberturas, por lo que el espacio puede ser ocupado por varias especies. Aumenta el peligro de daños a la regeneración por una mayor exposición a las temperaturas extremas.
<b>Selección en Fajas</b>	Los rodales se ordenan de manera que las fajas adyacentes a cada una son de una edad mayor y una menor.	Facilita la extracción y permite menor daño a la regeneración.	Dificultad para crear las fajas, que son un arreglo artificial.

Fuente: Musalem y Fierros 1996.

Pineda y Sánchez (1988) realizaron un estudio sobre el efecto de la corta selectiva en la estructura del bosque de pino y encino en una zona muy cercana al área de interés. Algunas de sus principales conclusiones son que debido a repetidas intervenciones de cortas selectivas, el arbolado de pinos en pie es cada vez más aislado, por lo tanto la posibilidad de nuevas aberturas es menor. Las especies del género pinus requieren de claros grandes para regenerar dada su condición de especie pionera (Whitmore citado por Pineda y Sánchez 1988).

Los autores también señalan que el método no satisface los objetivos de reclutamiento continuo esperado para los pinos. La regeneración de los pinos es baja debido a su intolerancia a la sombra y a la gran cantidad de hojarasca observada. Sin embargo se ha favorecido el establecimiento y dominancia de los encinos. A pesar de que, de manera natural, el proceso de sucesión para estos bosques llevaría a una dominancia de encinos, dicho proceso se acelera por el efecto del método utilizado.

En 1958, antes de iniciarse el aprovechamiento forestal en la comunidad de Macuilianguis, el pino representaba el 70% en volumen de masa arbórea y el encino el 29% (FAPATUX, 1958). Para 1982 la proporción de encinos aumentó en los sitios tratados por el método de selección. En tanto que en el bosque que no fue intervenido, el incremento se reflejó en especies de latifoliadas, con un ligero aumento en el porcentaje de pinos. El porcentaje de copas dominantes de encinos es mayor en el bosque cosechado por el método de selección que el porcentaje encontrado en el bosque no intervenido. Estos cambios se deben a que la corta se aplicó únicamente al pino, mientras que el bosque está formado por dos géneros principalmente (*Pinus* y *Quercus*). Por otro lado, las aberturas que se produjeron por esta corta fueron insuficientes para favorecer la regeneración de pinos, pero abrieron el dosel para permitir el mayor desarrollo de los encinos. (Negreros y Snook 1984).

### **3.6.2 Método de árboles padre**

En el método de árboles padre, el rodal es talado totalmente con excepción de los árboles padre que proveerán semilla para la regeneración. Los árboles padre representan menos del 10% del volumen original. El número ideal de árboles semilleros varía de 4 a 20 por hectárea (Hawley y Smith 1972). Más de 20, puede parecerse más bien al de corta de protección (Musalem y Fierros 1996). Una vez que la regeneración ocurre, estos pueden ser cortados o dejados de manera indefinida (Hawley y Smith 1972).

Al igual que el método de matarrasa (método que consiste en la total remoción del rodal), el método de árboles padre exige para su aplicación, que todos los árboles sean del mismo tamaño comercial independientemente de las clases de edad presentes (Hawley y Smith 1972). Los mejores árboles para ser reservados son aquellos miembros de la clase dominante (Musalem y Fierros 1996). Los árboles padres deberán tener características sobresalientes como resistencia al viento, sin raíces superficiales; con copas anchas y espesas, no ser demasiado altos y con edad suficiente para producir semillas. El método se puede aplicar dejando árboles agrupados o diseminados (Hawley y Smith 1972).

Es aplicable a cualquier especie que pueda ser regenerada por cortas totales, con excepción de los pinos serotinos cuyos conos requieren ser sometidos a altas temperaturas para abrirse, lo cual es difícil si los árboles permanecen de pie. La tendencia

a dejar muy pocos árboles y de mala calidad, sobre todo cuando éstos no podrán ser recuperados de tal manera que la pérdida sea mínima, debe ser evitada por que va en detrimento de la obtención de regeneración (Musalem y Fierros 1996).

Es un método casi tan sencillo y fácil de usar como el método de matarrasa. Al igual que éste, sus ventajas están basadas principalmente en las operaciones de extracción y preparación del sitio (Hawley y Smith 1972, Musalem y Fierros 1996). Con medidas adecuadas, proporciona un medio edáfico desnudo y expuesto apto para la regeneración. Al igual que el método de matarrasa, la previsión del suministro de semilla no es suficiente y deben crearse las condiciones favorables para que las plántulas puedan establecerse y sobrevivir durante las etapas tempranas de su desarrollo (Musalem y Fierros 1996). Debido a que la fuente semillera se encuentra en el mismo rodal, proporciona un mayor control de la especie en la regeneración (incluso puede ser mayor que en la tala rasa) (Hawley y Smith 1972).

Una de las desventajas del método de árboles padres, es la exposición casi completa del rodal. En muchas especies, esto es un factor condicionante para llevar a buen término el establecimiento de la misma. Existe una protección escasa contra la erosión y el flujo de agua. Este método es estéticamente más preferible que el de matarrasa, pero inferior al de protección y selección. Hay un riesgo grave de que el viento derribe árboles padres antes de que estos produzcan semillas. Por lo cual es importante que la especie sea resistente al viento. El método se limita a especies que producen grandes cantidades de semillas que puedan ser diseminadas por el viento y desarrollarse en claros. Aunque la producción de semilla es mayor en el método de protección y selección. No es aplicable a rodales con árboles viejos, ya que pueden ser decadentes para servir como árboles padres o muy valiosos para ser usados con este fin (Hawley y Smith 1972).

## **IV. Materiales y métodos**

### **4.1 Descripción del área de estudio**

El área de estudio se localiza en Ixtlán de Juárez, en el Estado de Oaxaca en México (ver Anexo 1). La comunidad es de origen Zapoteca y posee 19,180 hectáreas de territorio comunal, manejadas de forma colectiva por 384 comuneros. Se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 17°18'16" y 17°34'00" latitud norte y 96°31'38" y 96°20'00" longitud oeste.

Dentro del Estado de Oaxaca, Ixtlán se ubica en la región conocida como Sierra Norte, una de las áreas de máxima heterogeneidad ambiental en México. Tiene una topografía muy accidentada con pocos terrenos planos y pendientes suaves (INEGI 1984). Por lo tanto, muestra un paisaje compuesto por montañas de diferentes altitudes, con un relieve en donde abundan y predominan las laderas con pendientes pronunciadas que varían entre 40% a 100% (Montes 1995).

La comunidad de Ixtlán de Juárez se caracteriza por tener una amplia gama de valores de temperatura media anual (TMA), precipitación total anual (PTA) y por consiguiente de climas. En las cercanías del Río Grande a 1 480 msnm, la temperatura media anual es de 19 °C, que disminuye a medida que se asciende hacia la población de Ixtlán, donde la TMA es de 16.1 °C y desciende hasta 10 °C en la parte más alta del Cerro de los Pozuelos (3 100 msnm). En el punto de altitud más bajo del predio (200 msnm) la TMA alcanza 24 °C. La precipitación anual varía dependiendo de la subregión que se trate, por ejemplo en el valle del Río Grande, que es la zona más seca del predio, alcanza solamente 700 mm, hasta cerca de los 6 000 mm anuales en el Schiic-turrila (Cerro Algodón) a 1 800 msnm. El mes con menor precipitación es febrero y el más lluvioso es julio (Montes 1995).

Debido a la gran variedad de altitudes, a la precipitación anual y a la exposición de las montañas y de acuerdo con Rzedowski (1977), en Ixtlán se pueden encontrar una gran variedad de tipos de vegetación desde bosque espinoso (BE), selva baja caducifolia (SBC), selva alta perenifolia (SAP), bosque mesófilo de montaña (BM), bosque de encino (BQ), bosque de pino y encino (BPQ), bosque de encino pino (BQP) y pradera subalpina (P).

De todas las especies de árboles presentes, las del género *Pinus* son las más importantes desde el punto de vista comercial. De éstas, las de mayor importancia son *Pinus ayacahuite*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. oaxacana*, *P. teocote* y *P. rudis*. Por otro lado, las tres especies de encino más abundantes son *Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Q. crassifolia* (Smartwood y CCMSS 2004).

Dentro del territorio comunal se realizó el trabajo en el bosque de pino-encino bajo aprovechamiento forestal. Esta área presenta un rango altitudinal de 2000 a 3100 msnm. La vegetación está conformada por bosque de pino y encino, conforme se desciende en altitud, ésta se va mezclando con encinares caducifolios (TIASA 2003).

A nivel de país, los bosques de pino-encino de la zona de estudio, como parte de la región de la Sierra Norte de Oaxaca, están considerados dentro de la zona prioritaria número 130 por la diversidad de especies que albergan y por su estado de conservación (Arriaga *et al* 2000). A nivel internacional, estos bosques se encuentran dentro de la eco-región número 101, calificada como sobresaliente a nivel global y de máxima prioridad regional. Constituyen uno de los bosques subtropicales de coníferas y latifoliadas más diversos y complejos del mundo (Dinerstein *et al* 1995).

La comunidad de Ixtlán ha recibido diversas distinciones por el buen manejo del bosque de pino-encino, como el premio al Mérito Forestal en 1999, otorgado por el gobierno mexicano y el premio internacional “Un regalo para la tierra”, por parte de WWF en el año 2002, éste último lo recibió junto con otras comunidades indígenas de Oaxaca (WWF 2002).

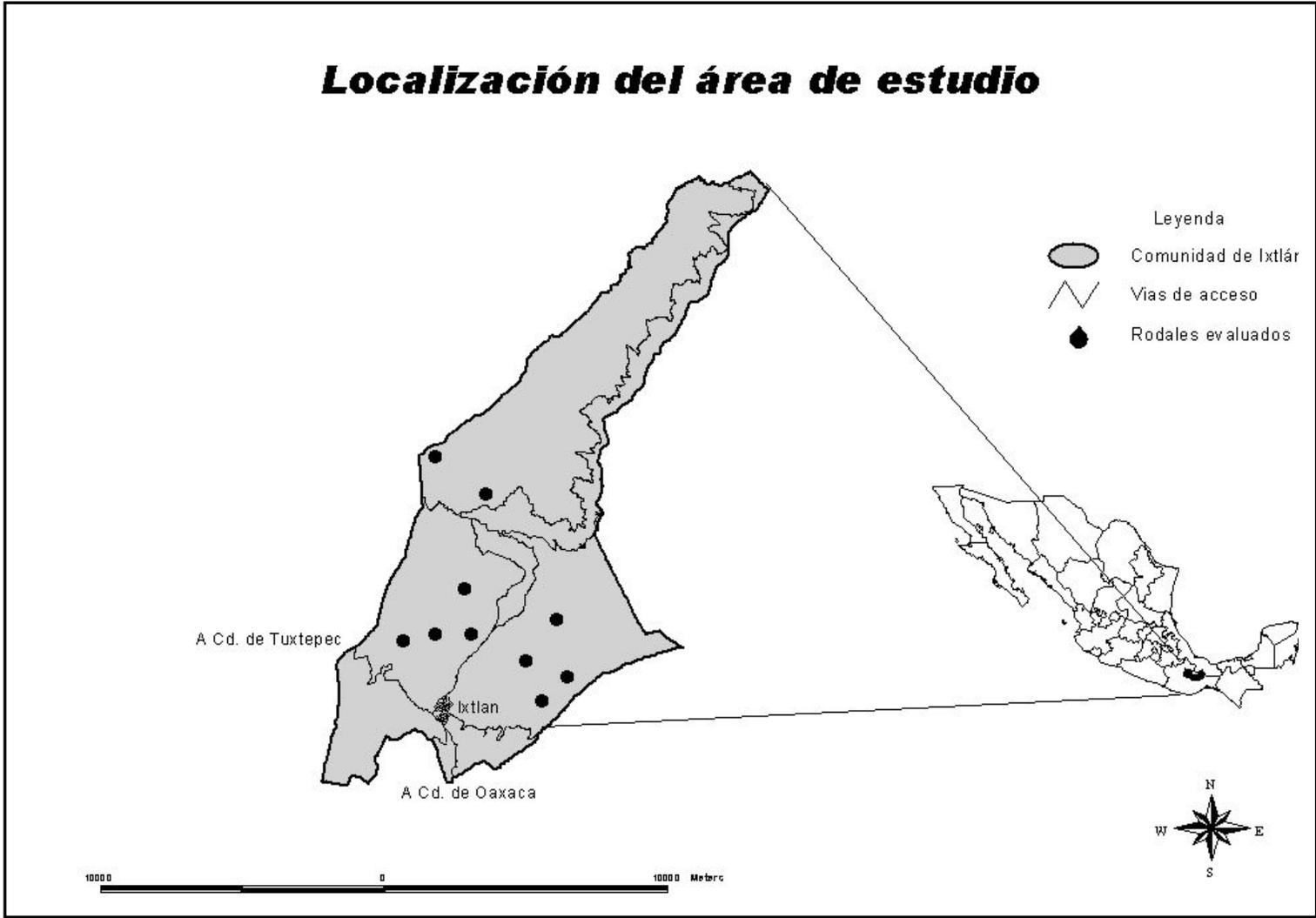


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

## 4.2 Generalidades del aprovechamiento forestal del área de estudio

En la comunidad de Ixtlán, el sistema de aprovechamiento del bosque parte de la elaboración de un plan de manejo diseñado para diez años y anualmente se elabora un “Programa Operativo” para el control del aprovechamiento forestal. Este plan de manejo contempla diferentes aspectos, como son: protección al bosque contra incendios forestales, plagas y enfermedades, restauración y conservación de suelos, plantaciones forestales, así como el señalamiento físico de los árboles que serán removidos (Smartwood y CCMSS 2002). Cada zona del territorio de la comunidad está dividida en rodales (TIASA 2003), los cuales son unidades homogéneas en cuanto a edad, estructura, composición o algunos otros aspectos topográficos. Esto facilita la ordenación o manejo silvícola (Daniel et al 1982).

El programa de manejo forestal (TIASA, 2003) reporta una superficie con posibilidades de extracción comercial de pino de 12,389 ha. De esta superficie, por acuerdo comunitario, 2,579 ha se han segregado como área de conservación en la zona de mayor altitud del predio comunal. Por tanto, el área efectiva de manejo forestal comprenden 9,810 ha.

Las posibilidades de corta anual para el ciclo 1993-2003 estuvieron entre 46,000 a 53,000 m<sup>3</sup> rta (rollo total árbol) de pino y para el encino, osciló entre 12,000 a 21,000 m<sup>3</sup> rta (Smartwood y CCMSS 2004). Sin embargo, la corta de encinos no se realizó en dicho período, principalmente por no tener un mercado seguro para productos de estas especies. Así también, solo se aprovechó un 50% del volumen autorizado de pino, destinando más superficie para la conservación de otros recursos del ecosistema como el agua (TIASA 2003).

Las especies de pino de mayor interés para producción de madera son *P. patula*, *P. oaxacana*, *P. ayacahuite*, *P. pseudostrobus*, *P. douglasiana* y otras de menor distribución (TIASA 2003).

Los métodos de regeneración de bosques naturales que se han aplicado en el área forestal comercial son dos: el método de árboles padre y el método de selección. En el método de árboles padre, el rodal es talado completamente a excepción de algunos árboles que son dejados para proveer semilla para la repoblación (Smartwood y CCMSS

2004). En la zona de estudio TIASA (2003) y Smartwood y CCMSS (2004) indican que en los rodales programados para intervenirse bajo este método, existe un número excesivo de árboles padre y las latifoliadas en general no fueron cortadas. Por lo anterior se deduce que el tratamiento no se aplicó de acuerdo a lo esperado.

Al respecto no se encontró información alguna dentro del PMF que expusiera las razones por las que el tratamiento no se llevó a cabo en su totalidad. De manera informal se sabe que lo anterior obedeció a un desconocimiento de la topografía del rodal, debido a que algunos poseían fuertes pendientes y no era posible aplicarles el tratamiento; otra razón es que existían presiones por parte de la comunidad para no realizar la corta, debido al aspecto poco estético del bosque después de la misma, muy parecido a una tala rasa. Sin embargo, en los reportes del ciclo 1993-2003 se muestran rodales con intervención de árboles padre, aunque la realidad no corresponda a un tratamiento de esa naturaleza<sup>1</sup>.

Por otra parte, en un rodal se aplicó una quema prescrita, además del tratamiento de árboles padre. Hawley y Smith (1972), recomiendan aplicar las quemas prescritas en rodales con árboles que por su tamaño presentan resistencia al fuego y han desarrollado una corteza gruesa y rugosa, en bosques con una estructura regular.

El método de selección, se aplica en la mayoría de los casos en las áreas de topografía muy accidentada en las que hay riesgos de erosión del suelo forestal (Smartwood y CCMSS 2002). TIASA (2003), reporta que este método se aplicó en su modalidad individual, es decir se aprovechó arbolado en forma individual disperso en todo el rodal.

---

<sup>1</sup> Ing. Julio Ruíz Aquino (com. pers.). Subdirector técnico, Servs. Tec. For. De Ixtlán, 2005.

### 4.3 Metodología

#### 4.3.1 Diseño del muestreo

##### Instalación de parcelas

Se evaluaron dos métodos de regeneración aplicados en el aprovechamiento forestal de la zona de estudio: el método de árboles padre (AP) y el método de selección (MS). Los datos de campo se obtuvieron mediante el establecimiento de parcelas temporales las cuales fueron circulares anidadas. La parcela principal tuvo un tamaño de 400 m<sup>2</sup> (radio = 11.28 m). En el centro de estas parcelas se estableció una subparcela circular de 12.56 m<sup>2</sup> (radio= 2m) y finalmente un cuadrado de 1 m<sup>2</sup> (INIFAP-SAGARPA 2003). Cada parcela de 400 m<sup>2</sup> estaba separada de las siguiente al menos 50 metros.

Se evaluaron las anualidades 93-94, 95-96, 97-98 y 2001 pertenecientes al ciclo 1993-2003; para cada anualidad se evaluó un rodal de MS y uno de AP. También se evaluó un área de AP con quema prescrita y el bosque de referencia (Cuadro 2). El Bosque de referencia es un bosque que no fue aprovechado durante el ciclo 1993-2003. Pero no fue posible acceder a información sobre el rodal antes de 1993. Se tomó este rodal como testigo al no encontrar rodales cercanos al área de estudio que no tuvieran una historia de intervención forestal reciente. Al respecto Manzanilla (citado por Chacón *et al* 1989), menciona que en México es difícil encontrar bosques de pino-encino no perturbados de manera directa o indirecta por el hombre.

Los rodales fueron ubicados a través de mapas, fotografías aéreas digitales, curvas de nivel, recorridos y un técnico experto de la comunidad. Cada rodal se recorrió en su totalidad para reconocer el área de trabajo. En cada uno se establecieron de 3 a 5 parcelas tratando de cubrir toda la variación existente en cuanto a exposición y pendiente. Lo anterior fue debido a que son factores que pueden tener influencia en la regeneración<sup>2</sup>. En este estudio las parcelas fueron tomadas como repeticiones.

---

<sup>2</sup> Leyva, Cristóbal (com. pers.). Investigador del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23, 2005.

**Cuadro 2.** Total de tratamientos evaluados.

Clave local del Rodal*	TRATAMIENTO		Parcelas Instaladas		
	Método	Año de intervención	400m <sup>2</sup>	12m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>
B0225 (S93)	Selección	1993	4	3	3
C0201 (AP93)	Arboles Padre	1993	4	4	3
G0120 (AP94)	Arboles Padre	1994	4	4	4
A0219 (S94)	Selección	1994	3	3	3
K0703 (AP95)	Arboles Padre	1995	3	3	2
K0704 (S95)	Selección	1995	3	3	
C0201 (AP95Q)	Arboles Padre /Quema prescrita	1995	4	4	4
Q0901 (AP97)	Arboles Padre	1997	3	3	2
Q0508 (S97)	Selección	1997	3	3	0
M0103 (S2001)	Selección	2001	5	5	4
L0105 (T)	Testigo	Sin intervención	4	4	4

\*TIASA 1993.

**Toma de datos por categoría de parcelas**

Para cada rodal evaluado se registraron datos de ubicación geográfica con un GPS Garmin II plus, con los cuales se elaboró un mapa de localización de la zona de estudio (ver figura 1). En cada centro de parcela de 400 m<sup>2</sup> se registró la pendiente, la orientación de la pendiente y altura sobre el nivel del mar. También se midió con un flexómetro el grosor de las tres capas del horizonte orgánico del suelo. La pendiente se tomó mediante el uso de un clinómetro Sunnto; la altitud a través de un altímetro y la orientación mediante el uso de una brújula.

El tamaño de las parcelas, así como las características de la vegetación a medir estuvieron acordes a la metodología estándar utilizada en inventarios forestales para México (INIFAP-SAGARPA 2003). En las parcelas temporales de 400 m<sup>2</sup> se midió toda la vegetación  $\geq$  a 5 cm (diámetro a la altura del pecho), considerados como fustales. A cada individuo se le tomaron datos de dap con cinta diamétrica, diámetro de copa (dos personas con una cinta métrica midieron la porción más larga y la menor, posteriormente se obtuvo un promedio), altura total para cada individuo con un clinómetro Sunnto e identificación a nivel de nombre científico. Algunas especies al momento de la evaluación no presentaban hojas debido a la estación seca o bien estructuras reproductivas, por lo

que se identificaron sólo a nivel de género o algún nombre vernáculo. La identificación de la especie, se realizó con la ayuda de un botánico del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 26 ubicado en la ciudad de Oaxaca, México.

En las subparcelas de 12.56 m<sup>2</sup> se midieron latizales, que son elementos con una altura  $\geq 25$  cm y dap  $< 5$  cm. Realizándose un conteo de individuos solo de especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*. Por último, en el cuadrado de 1 m<sup>2</sup> se registraron todos los individuos de los géneros *Pinus* y *Quercus* con una altura de 5 a 25 cm de altura (brinzales). Se hizo un conteo de individuos e identificación a nivel de género (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Tamaño de las parcelas y características de la vegetación evaluada.

<b>Tamaño de la Parcela</b>	<b>Categorías</b>	<b>Vegetación evaluada</b>	<b>Variables medidas</b>
<b>Parcela de 400 m<sup>2</sup></b>	Dap mayor e igual a 5 cm (fustales)	Arboles (todas las especies existentes en la parcela)	Dap, altura, diámetro de copa, conteo de individuos, identificación de la especie. Medición del grosor de las tres capas del mantillo.
<b>Parcela de 12 m<sup>2</sup></b>	Altura mayor e igual a 25 cm y dap menor a 5 cm (latizales).	Arboles (pinos y encinos)	Conteo de individuos, identificación a nivel de género.
<b>Parcela de 1 m<sup>2</sup></b>	Vegetación de 5 a 25 cm de altura (brinzales).	Arboles (pinos y encinos)	Conteo de individuos, identificación a nivel de género.

#### 4.3.2 Análisis de los datos

El análisis estadístico se llevó a cabo con ayuda de los programa Infostat versión 1.6 y SAS versión 8.2.

Para analizar la estructura horizontal, se calculó por tratamiento y año de intervención el número de individuos total, número de individuos de pino, número de individuos de encino y número de individuos de otras latifoliadas. También se calcularon valores de número de individuos por clase diamétrica, tanto total como por grupo de especies. Además, se obtuvo el área basal (m<sup>2</sup> /ha) total y por grupo de especies para cada tratamiento. Lo anterior se realizó tomando en cuenta la vegetación mayor e igual a 5 cm dap y con datos extrapolados a la hectárea.

Por otra parte, para brinzales y latizales de pino y encino se calculó el número de individuos y se registró su identificación a nivel de género.

Los índices de diversidad se calcularon para cada parcela de 400 m<sup>2</sup> usando los datos de especies de árboles y su abundancia a través del programa Estimates 7.5. Se obtuvieron los índices de Simpson, Shannon y Alpha de Fisher (Magurran 1988; Moreno 2001; Medianero y Samaniego 2004).

El índice de Simpson es un índice de dominancia y manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno 2001). Está influido por la importancia de las especies dominantes, por lo que cuando la dominancia aumenta el índice disminuye (Magurran 1998). La ecuación es la siguiente:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde  $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra (Moreno 2001).

El índice de Shannon-Wiener es un índice de equidad, que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Moreno 2000). Mide el grado de incertidumbre en predecir a que especie pertenece un individuo tomado al azar en una muestra (Magurran 1988). Los valores de este índice oscilan entre 1.5 y 3.5, rara vez sobrepasan 4.5 (Margalef 1972 citado por Magurran 1988). La fórmula con la que se representa es la siguiente:

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

El índice de diversidad alfa de Fisher (Fisher *et al.* 1943 citado por Medianero y Samaniego 2004) es independiente del tamaño de la muestra y no da excesivo peso a las especies más comunes de la muestra, a diferencia de los índices anteriores. Se representa de la siguiente forma:

$$S = a \text{Log } e (1 + N / \bullet \bullet)$$

Donde  $S$  es el número de especies de la muestra,  $N$  es el número de individuos de la muestra y  $H'$  es el índice de diversidad (Medianero y Samaniego 2004).

Además se calculó, el Índice de Valor de Importancia (IVI) propuesto por Curtis y McIntosh (citado por Lamprecht 1990) para cada grupo de especies y por especie individual por tratamiento. Se estimó a partir de la suma de la abundancia relativa + frecuencia relativa + dominancia relativa. Con ello es posible comparar el peso ecológico de cada grupo dentro de cada tratamiento (Lamprecht 1990).

Con los valores por tratamiento de las variables área basal, número de individuos y porcentaje de IVI (composición) se realizó el análisis de la varianza (ANDEVA) a dos vías de clasificación, con la finalidad de conocer por separado el efecto de los métodos de regeneración y el año de intervención, así como, las interacciones que pudieran presentarse entre ambos factores.

Posteriormente, para comparar los tratamientos y el año de intervención de los rodales evaluados contra un testigo y el tratamiento de AP con quema prescrita, se realizó un ANDEVA a una vía de clasificación. Tanto, en el ANDEVA a una vía y a dos vías de clasificación se llevaron a cabo pruebas de comparación de medias de Duncan. Esto con la finalidad de encontrar diferencias entre tratamientos, utilizándose un nivel de significancia del 10%. Con los resultados se elaboraron cuadros y gráficas para cada variable de respuesta.

Para conocer la relación que existe entre el número de individuos y área basal del género *Pinus spp.* y *Quercus spp.* se realizó un análisis de correlación. Lo anterior se hizo utilizando el procedimiento *Corr* del programa SAS. Utilizándose el coeficiente de correlación de Pearson con un  $\alpha = 0.05$ .

Finalmente para establecer la relación que existe entre la abundancia de brinzales y latizales con las condiciones de sitio (características edáficas y fisiográficas) y la estructura del rodal, se llevó a cabo un análisis de regresión múltiple por pasos (STEPWISE), con el software SAS, en base a las 40 parcelas instaladas en el muestreo. Para ello se utilizaron las siguientes variables agrupadas en condiciones de sitio y de estructura:

- Condiciones de sitio
  - Pendiente
  - Altitud
  - Orientación de la Pendiente
  - Mantillo
- Estructura del Rodal
  - Promedio de altura total, altura de pino y encino
  - Promedio de área basal total, área basal de pino y encino
  - Número de individuos total y por grupo
  - Diámetro de copa promedio

Para poder utilizar los valores de orientación se transformaron a una escala usando el coseno del azimuth. Los valores oscilan entre -1 (Sur) y 1(Norte). Los valores cercanos al cero se refieren al Este u Oeste.

A través del procedimiento CORR de SAS, se estimaron los coeficientes de correlación entre las variables predictoras, esto con el propósito de identificar variables independientes altamente correlacionadas y eliminarlas para evitar problemas de multicolinealidad. Únicamente se encontró correlación entre el área basal total y el área basal de pino en el análisis de regresión para brinzales, eliminándose la primera variable mencionada. En el caso de latizales, ninguna variable presentó correlaciones altas.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + E_i$$

Donde Y es la variable dependiente (características del bosque que son medidas), las X representan a las variables regresoras y  $\beta_i$  representa a los parámetros estimados.

Con base en los resultados obtenidos de cada variable de respuesta, se identificaron algunas recomendaciones para el manejo forestal del área.

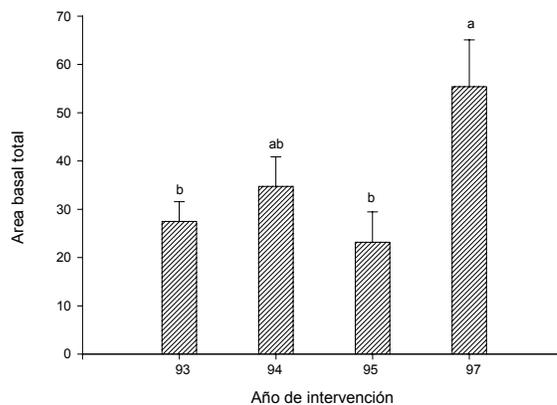
## V. Resultados y Discusión

### 5.1 Análisis factorial de los rodales evaluados

#### Abundancia y área basal total

Para la variable abundancia total de individuos no se encontraron interacciones significativas ( $p = 0.1706$ ) entre tratamientos y año de intervención, por lo que fue posible observar por separado los efectos de cada factor. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.5137$ ), como se esperaba por la diferencia en el grado de intervención entre un método y otro. Esto es resultado del número de árboles padre residuales, así como, de la falta de extracción de latifoliadas que produjeron una alta densidad de árboles en rodales bajo el método de árboles padre (TIASA 2003); lo cual derivó en semejanzas estadísticas con rodales bajo el método de selección.

Por otra parte no se encontraron diferencias significativas entre años de intervención ( $p=0.2922$ ). Lo anterior puede estar relacionado a la escasa diferencia en tiempo que hay entre los rodales evaluados y al tiempo de recuperación del rodal desde la última intervención hasta la fecha de medición.

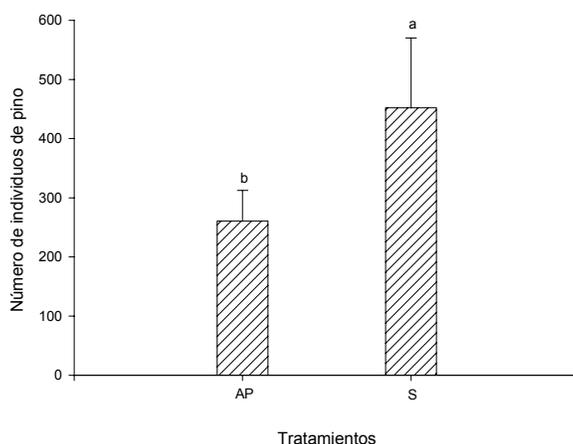


**Figura 2.** Promedio del total de área basal por ha para cada año de intervención  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$ cm. dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre años indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

Para el área basal total solo se encontró efecto del año de intervención ( $p=0.0183$ ), encontrándose diferencias entre el año 97 con mayor área basal que los años 93 y 95 (Figura 2). Se esperaría que en la medida que un rodal se desarrolla, después de una intervención silvícola, el área basal se acumule (Daniel *et al* 1982), sin embargo, los resultados no concuerdan con lo anteriormente expuesto. Esto pudo ser ocasionado por una baja intervención forestal en rodales aprovechados en 1997 en comparación a los rodales de años anteriores.

### Abundancia de individuos de *Pinus* y *Quercus*

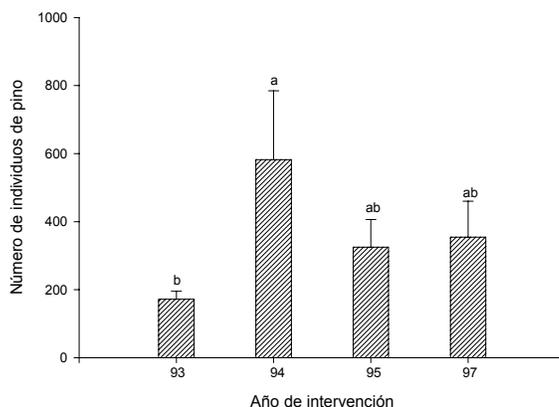
Para el número de individuos de pino se encontró efecto de los tratamientos y el año de intervención por separado. Se observaron diferencias entre tratamientos ( $p=0.0718$ ), el tratamiento de selección posee mayor número de individuos de pino que el tratamiento de árboles padre (Figura 3). Esto es efecto de la entresaca de árboles que se realiza en el tratamiento de selección, lo que produce mayor densidad de árboles en el rodal. El tratamiento de árboles padre exige una mayor extracción de árboles, en este caso pinos, por lo que solo unos cuantos sobreviven en el rodal (Musálem y Fierros 1996).



**Figura 3.** Promedio de la abundancia de individuos por ha de pinos  $\geq 5$ cm. dap en cada tratamiento  $\pm$  error estándar. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

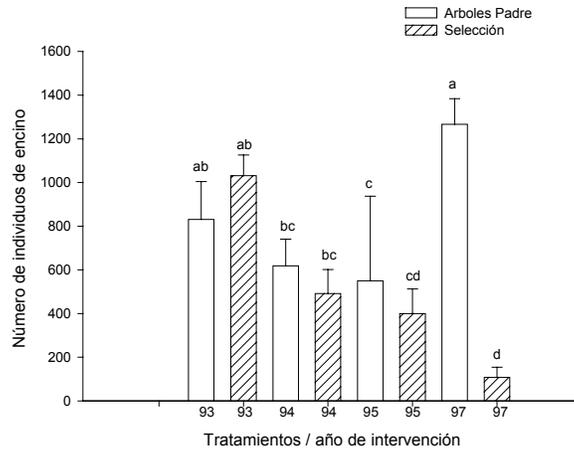
En cuanto al año de intervención, se encontraron diferencias significativas entre estos ( $p=0.0667$ ). El año 94 es similar al año 97 y 95, pero posee más abundancia de pinos que el año 93 (Figura 4). Por el contrario, a mayor tiempo de recuperación, después de la intervención, el número de individuos incrementa con el paso del tiempo (Øyen y Nilsen 2002), por lo cual se esperaría que el año 93 mostrara una mayor abundancia de individuos.

La falta de un patrón claro en los resultados obtenidos es posible que se deba al poco tiempo que existe entre la fecha de intervención y la fecha de medición, a la escasa diferencia en tiempo entre los años evaluados y a la forma de aplicación de los métodos de regeneración en el área de estudio. Esta situación se repite para muchas de las variables de respuesta evaluadas en este estudio.



**Figura 4.** Promedio de la abundancia de individuos por ha de pinos  $\geq 5$ cm. dap en cada año de intervención  $\pm$  error estándar. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre años indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

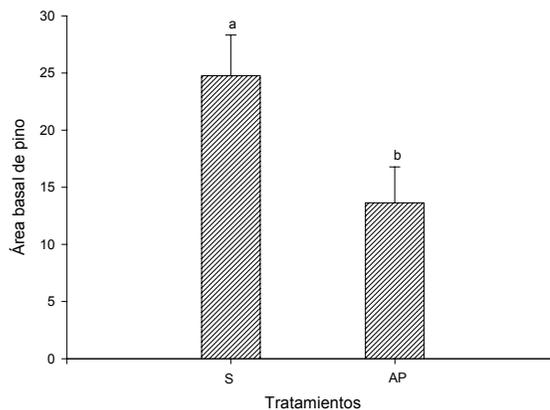
En la abundancia de individuos de encino existe interacción entre los factores tratamiento y año de intervención ( $p=0.0021$ ) por lo que influyen de manera conjunta en el comportamiento de esta variable. La combinación de árboles padre (AP) y el año 97 posee mayor número de individuos que las combinaciones AP94, S94, AP95, S95 y S97 (Figura 5).



**Figura 5.** Promedio de la abundancia de individuos por ha de encinos  $\geq 5$ cm. dap en cada combinación de factores  $\pm$  error estándar. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre combinaciones indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

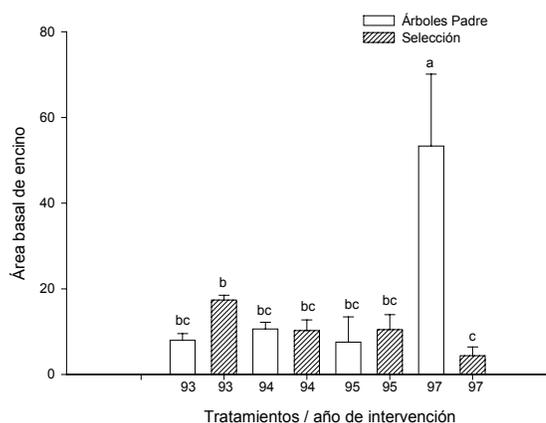
### Área basal de *Pinus* y *Quercus*

En la variable área basal de pino únicamente se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0071$ ). El tratamiento de selección posee mayor área basal de pino que el tratamiento de árboles padre (Figura 6), efecto del grado de intervención menor en el método de selección, a pesar de que el método de árboles padre no fue aplicado con la intensidad que se prescribe. No se encontraron efectos del año de intervención ( $p=0.1437$ ) y no existe interacción significativa entre este factor y el tipo de tratamiento ( $p=0.4554$ ).



**Figura 6.** Promedio de área basal  $m^2/ha$  de pino en cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$ cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

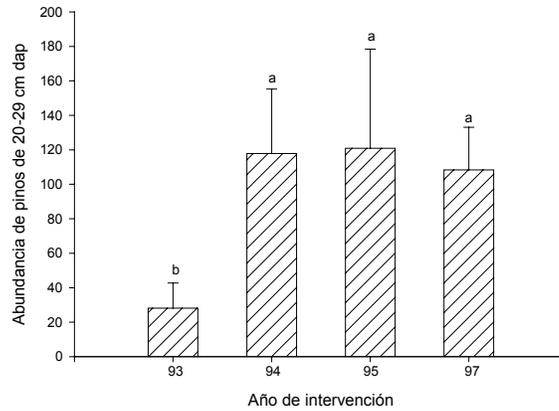
Para el área basal de encino existe interacción altamente significativa entre tratamientos y años de intervención ( $p < .0001$ ). La combinación del tratamiento de árboles padre y el año 97 es la que posee mayor área basal de encino que el resto de los tratamientos (Figura 7).



**Figura 7.** Promedio de área basal  $m^2/ha$  de encino en cada combinación  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5cm$  dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre combinaciones indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

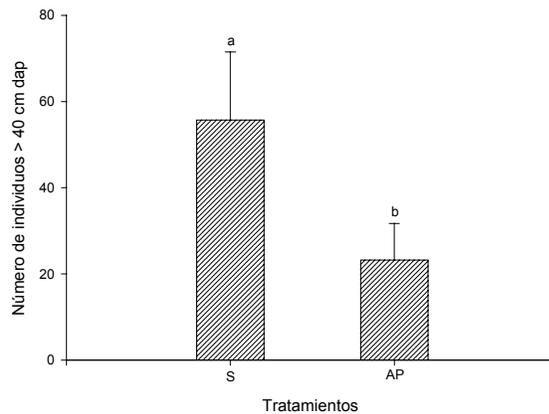
### Abundancia de individuos por categorías diamétricas

Para la variable abundancia de individuos de pino se encontraron efectos significativos de algunos de los factores en 2 de las 5 categorías diamétricas y no se presentaron interacciones significativas entre tratamientos y años de intervención. En la categoría diamétrica 20 a 29 cm dap se observó efecto del año de intervención ( $p=0.0760$ ). Los años 95, 94 y 97 muestran promedios de abundancia de pino similares entre sí, mientras que, el año 93 posee menor abundancia de pinos de esta categoría de tamaño que el resto de los años (Figura 8).



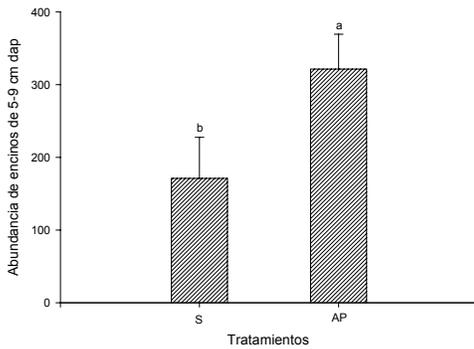
**Figura 8.** Promedio de abundancia de individuos/ha de pino en cada año  $\pm$  error estándar, árboles de 20-29 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre años indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

En la categoría diamétrica  $> 40$  cm dap se presentaron efectos significativos de los tratamientos ( $p=0.0285$ ) sobre la abundancia de pinos. El tratamiento de selección presenta mayor abundancia de pinos que el tratamiento de árboles padre (Figura 9), resultado de la entresaca de árboles en el método de selección que permite una mayor acumulación de individuos de esta categoría, que en métodos como el de árboles padre, donde la extracción de individuos de esta talla es mayor (Musálem y Fierros 1996).

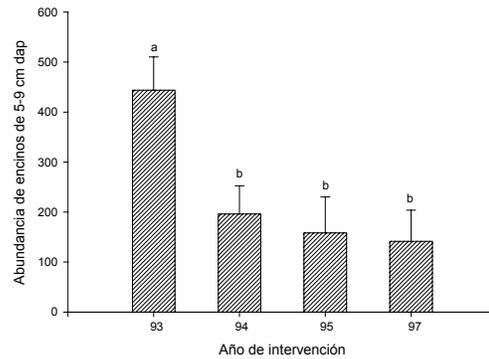


**Figura 9.** Promedio de abundancia de individuos/ha de pino en cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 40$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

Con respecto a la abundancia de encinos, se observaron efectos significativos de los tratamientos ( $p=0.0146$ ) y del año de intervención ( $p=0.0098$ ), en forma separada, en la categoría diamétrica 5 a 9 cm dap. El tratamiento de árboles padre tiene mayor número de individuos de encino que el tratamiento de selección (Figura 10).



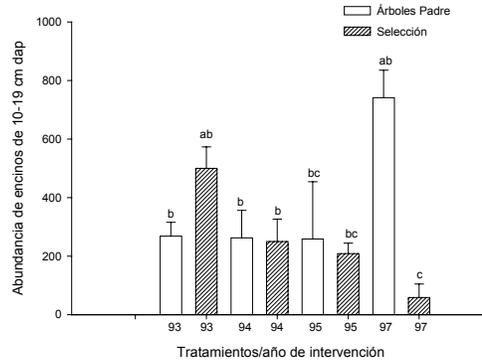
**Figura 10.** Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles de 5-9 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*



**Figura 11.** Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada año de intervención  $\pm$  error estándar, árboles de 5-9 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

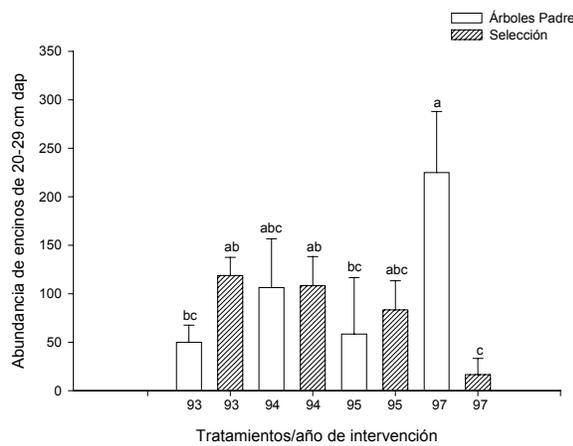
Para el factor año de intervención, el año 1993 es el que muestra mayor abundancia de encinos de la categoría 5-9 cm dap en comparación al resto de los tratamientos (Figura 11), lo cual se debe al mayor tiempo de recuperación desde la fecha de intervención.

En la categoría 10 a 19 cm dap, se observó interacción significativa ( $p=0.0008$ ) entre los tratamientos y el año de intervención. La combinación del tratamiento de árboles padre con el año 97 posee un número similar de encinos de 10 a 19 cm dap al que posee la combinación S93, pero diferente del resto de las combinaciones con menor número de individuos de esta categoría de tamaño (Figura 12).



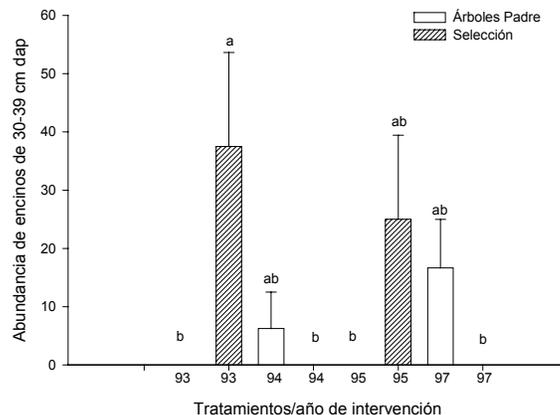
**Figura 12.** Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada combinación  $\pm$  error estándar, árboles de 10-19 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

La abundancia de encinos de 20-29 cm dap presentó interacción ( $p=0.0058$ ) entre los factores tratamiento y año de intervención. La combinación AP97 tiene más individuos de encino que combinaciones como S97, AP93, AP94 y AP95 (Figura 13).



**Figura 13.** Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada combinación  $\pm$  error estándar, árboles de 20-29 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

En la categoría 30-39 cm dap también se registró interacción significativa ( $p=0.0098$ ) entre los factores tratamiento y años de intervención. La combinación de S93 reportó mayor abundancia de individuos de encino comparado con combinaciones como AP93, AP95, S94 y S97 (Figura 14).

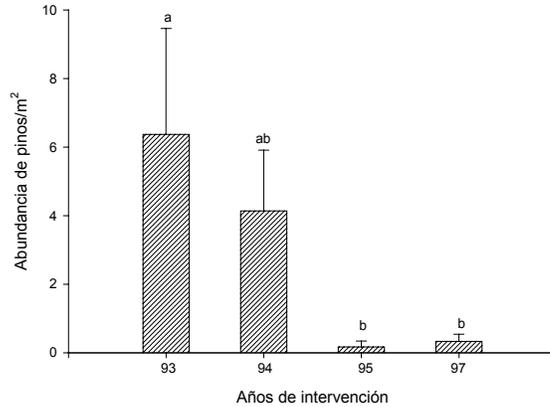


**Figura 14.** Promedio de abundancia de individuos/ha de encino en cada combinación  $\pm$  error estándar, árboles de 30-39 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

En la abundancia de encinos  $\geq 40$  cm dap, únicamente se encontraron efecto significativos del año de intervención ( $p=0.0068$ ). El año 97 ( $16.66 \pm 8.3$ ) es el único de los años de intervención que tiene individuos de esta categoría de tamaño. El resto de los años de intervención no cuentan con individuos  $\geq 40$  cm dap.

### Abundancia de latizales

En los individuos de pino mayores a 25 cm de altura y menores a 5 cm dap (latizales) no se encontraron efectos significativos de los tratamientos ( $p=0.3817$ ), pero si del año de intervención ( $p=0.0323$ ). El año 93 presentó mayor abundancia de latizales de pino comparado con los años 97 y 95 (Figura 15), efecto de un mayor tiempo de recuperación desde la extracción forestal hasta la fecha de medición.

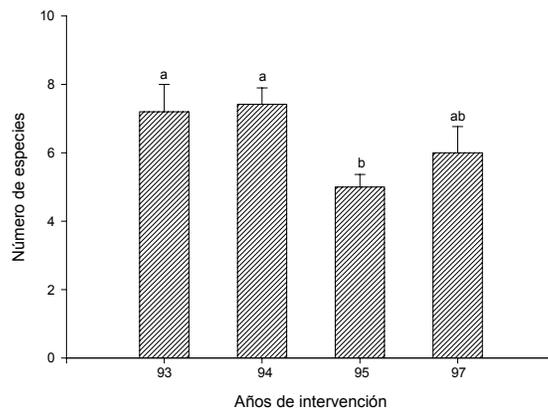


**Figura 15.** Promedio de abundancia de individuos de pino en cada año de intervención  $\pm$  error estándar, árboles  $> 25$  cm de altura y  $\leq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

Para los latizales de encino no se encontraron interacciones significativas entre factores ( $p=0.2683$ ). Sin embargo tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.2550$ ) ni entre años de intervención ( $p=0.1600$ ).

#### Abundancia total de especies y por género

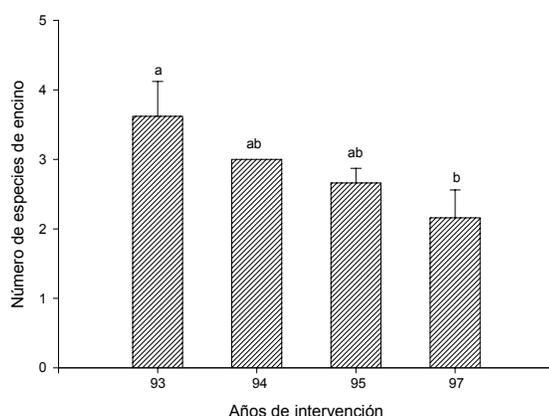
En la Figura 16 se muestra el promedio del número total de especies por año de intervención, que fue el único factor que presentó efectos significativos ( $p=0.0418$ ) sobre esta variable. El año 93 y 94 reportaron mayor número de especies que el año 95, mientras que son similares al año 97.



**Figura 16.** Promedio del número total de especies en cada año de intervención  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

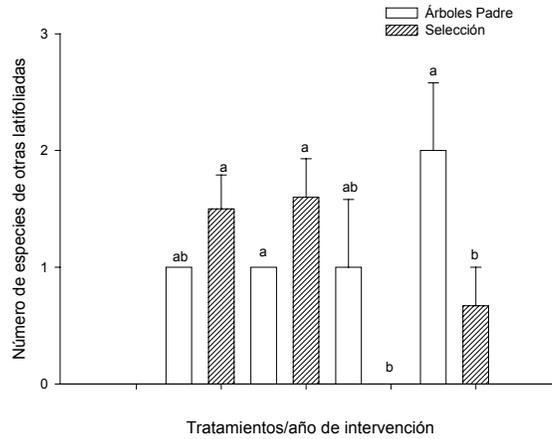
Para la variable número de especies de pino no se encontraron interacciones significativas entre factores ( $p=0.7250$ ), aunque el análisis por separado de cada factor tampoco revela diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.7964$ ) ni entre años de intervención ( $p=0.1513$ ).

Con respecto al número de especies de encino, se encontraron diferencias significativas entre años de intervención ( $p=0.0611$ ). Las diferencias se reportaron entre el año 93 con mayor número de especies de encino que el año 97 (Figura 17).



**Figura 17.** Promedio del número de especies de encino en cada año de intervención  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

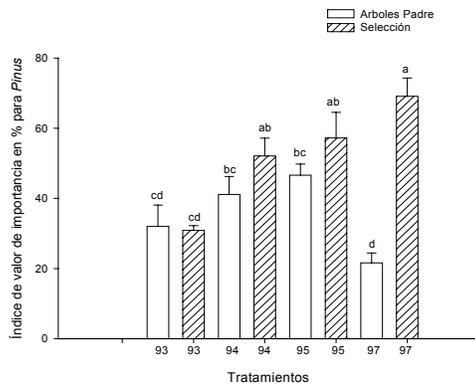
En cuanto al número de especies de otras latifoliadas diferentes del encino se reportaron interacciones significativas ( $p=0.0092$ ) entre tratamientos y años de intervención. La combinación AP97, S94, S94 y AP94 presentaron más especies de otras latifoliadas comparados con combinaciones como S97 y S95 (Figura 18).



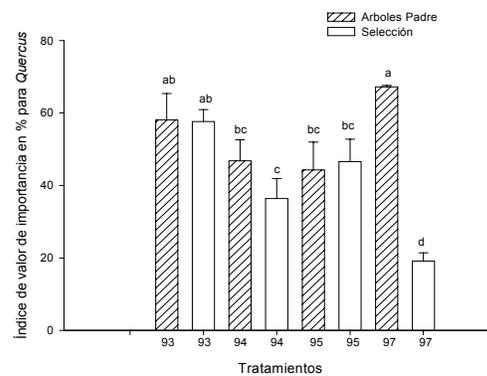
**Figura 18.** Promedio del número de especies de otras latifoliadas en cada combinación  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq$  5 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

### Composición del rodal

El índice de valor de importancia (IVI) en porcentaje reportó interacciones significativas entre tratamientos y años de intervención para pinos ( $p=0.0013$ ) y para encinos ( $p=0.0004$ ). Con respecto al IVI de pinos, la combinación de factores S97 es similar a S95 y S94, mientras que presentó mayor porcentaje de IVI comparado al resto de los tratamientos (Figura 19).



**Figura 19.** IVI en porcentaje de pino para cada combinación  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq$  5 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*



**Figura 20.** IVI en porcentaje de encino para cada combinación  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq$  5 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

En cuanto al IVI de encino la combinación de factores de AP97 es similar a las combinaciones S93 y AP93, pero presenta mayor porcentaje de IVI en comparación al resto de las combinaciones (Figura 20).

Como es posible observar en las gráficas, se tienen valores altos de IVI de encino en cada combinación. Con excepción de la combinación S97, el resto de las combinaciones de factores poseen entre un 40 y un 80% de IVI de encino en su composición. Mientras que para el IVI de pino se observan un rango similar al del IVI de encino. Al respecto, Oliver y Larson (1990) mencionan que las especies que ocupan los espacios de crecimiento pueden estar determinadas por la intensidad o frecuencia de los disturbios. Por lo que ligeros cortes parciales favorecerán a las especies tolerantes y tienden a empujar la sucesión forestal hacia bosques dominados por especies de latifoliadas (Spurr y Barnes 1980). A su vez, largos períodos libres de incendios, permiten que las especies de pinos cedan el paso a las especies de latifoliadas, las cuales se volverán predominantes (Spurr y Barnes 1980).

## 5.2 Estructura horizontal de los rodales estudiados

### Curvas de distribución diamétrica del rodal

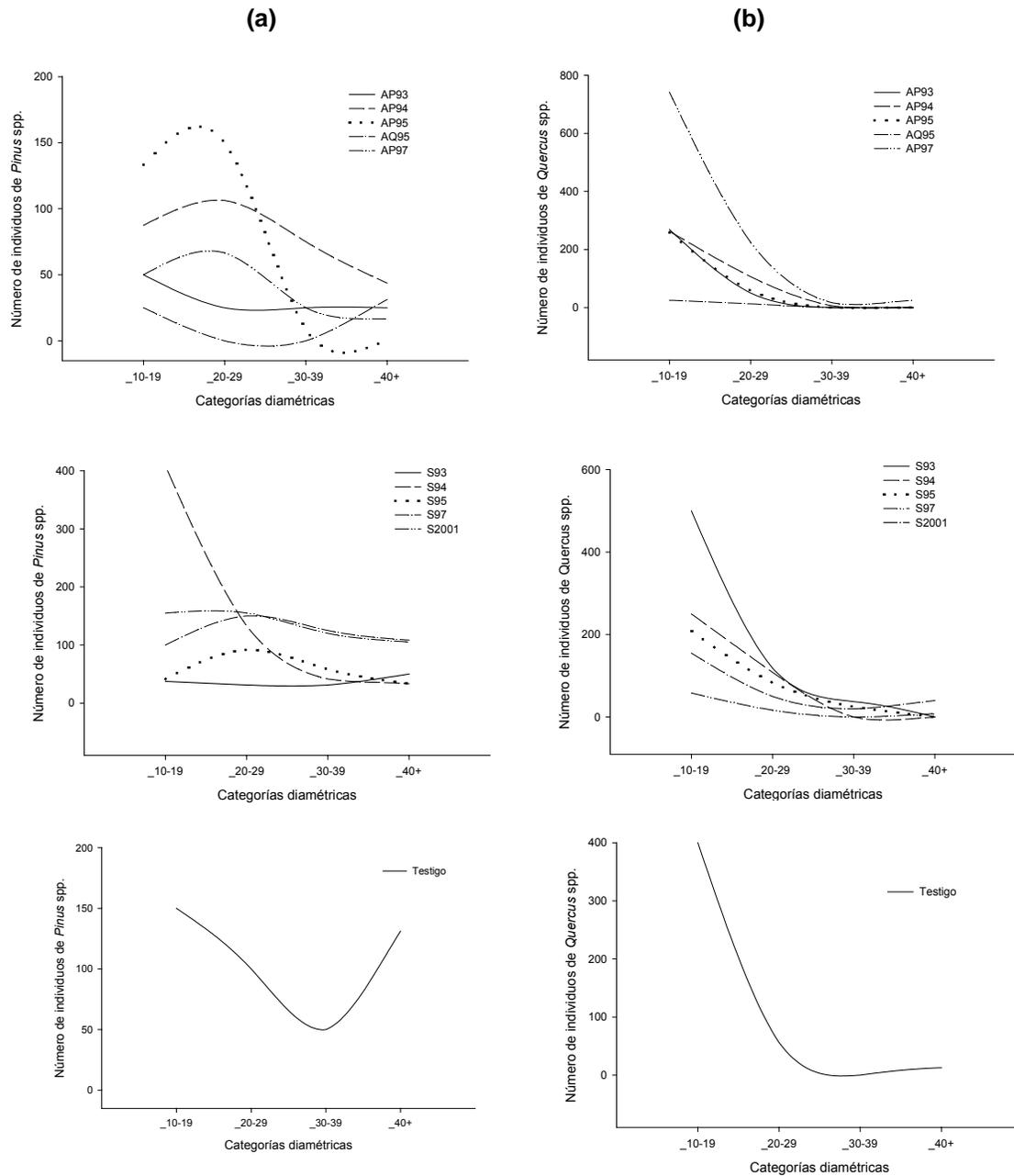
En la Figura 21, se observa la distribución diamétrica del número de individuos en los tratamientos de árboles padre, selección y el testigo para los géneros *Pinus* y *Quercus*. Cada género presenta una distribución diferente en los tratamientos en general. Al respecto, Louman *et al* (2001) menciona que dentro de un mismo bosque o rodal, la población de una especie por si sola presenta su propia distribución diamétrica.

En los tratamientos AP94, AP95, AP97, S97, S95 y S2001, los pinos presentan una distribución que se asemeja a una forma de campana (Figura 1A). Para Musálem y Fierros (1996), además de Louman *et al* (2001), la distribución diamétrica en forma de campana corresponde a un bosque de estructura coetánea, donde la mayor parte de los individuos se concentran en una clase de tamaño. Para este caso, existe una mayor concentración de individuos en la categoría 20-29.

La pérdida continúa de árboles de las categorías inferiores, debida a la supresión, se refleja en una mayor inclinación de la pendiente en el lado izquierdo de la curva (Musálem y Fierros 1996). Como es el caso de algunos de los tratamientos arriba mencionados.

Esta forma de distribución diamétrica en los individuos del género *Pinus* puede ser efecto del aprovechamiento forestal mediante métodos de regeneración como el de árboles padre o bien por la forma natural en que se desarrollan. La distribución en forma de campana, es esperada para los rodales bajo el método de árboles padre cuya finalidad es generar un bosque donde la mayoría de los individuos pertenezcan a una clase diamétrica. Lo cual facilita el manejo silvícola del rodal al hacerlo estructuralmente menos complejo (Hawley y Smith 1972).

Por otra parte, Lamprecht (1990) y Daniel *et al* (1982), señalan que ésta distribución es típica de rodales coetáneos y para especies que son consideradas heliófitas durables, como muchas de las especies del género *Pinus*, estas especies subsisten por muchos decenios y solo se regeneran por la presencia de algún disturbio.



**Figura 21.** Distribución diamétrica de individuos/ha para *Pinus* (a) y *Quercus* (b) en cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 10$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

Los tratamientos AP93, S93 y AP95Q, muestran una distribución diamétrica tendiente a una línea horizontal, donde las categorías 10-19 y mayor a 40 son ligeramente mayores que el resto. En el caso del tratamiento AP95Q, es posible que dentro de algún tiempo cambie a una distribución de campana, por el avance de individuos de la categoría 5-9

hacia categorías mayores generando un rodal coetáneo y de acuerdo a los análisis de abundancia en el rodal, los pinos serán más abundantes que los encinos.

Para los tratamientos AP93 y S93, la forma de la curva parece ser efecto del dominio en número de los encinos sobre los pinos. Los encinos presentan una distribución de “J” invertida y una mayor abundancia de individuos en la categoría 10-19, dentro de los mismos tratamientos mencionados.

En el caso del tratamiento S94, se observa una excepción en cuanto a la distribución de los pinos, ya que muestran una forma de “J” invertida, al igual que los encinos dentro del mismo tratamiento. Los pinos son más abundantes que los encinos en la categoría 10-19; ambos géneros descienden conforme se avanza hacia categorías diamétricas mayores, con muy pocas diferencias en abundancia de un género con respecto al otro. Es posible que esta forma de distribución cambie a una forma coetánea con el paso del tiempo.

Al respecto de la distribución de los encinos, en los tratamientos de selección como en los de árboles padre, los individuos del género *Quercus* (con excepción del tratamiento AP95Q), presentan una distribución de “J” invertida. Esta distribución es característica de especies tolerantes a la sombra y de rodales intervenidos con el método de selección (Crow *et al* 2002).

La distribución diamétrica para los encinos en el tratamiento AP95Q, presenta una forma más parecida a una línea horizontal, con muy pocos individuos y en número semejante en cada una de las categorías. Esto es resultado de la aplicación de quemas prescritas que disminuyen la abundancia de especies de latifoliadas, de igual manera en todas las clases de tamaño (Van Lear y Waldrop 1991). Además de que en este rodal, el método de árboles padre fue aplicado tal cual se prescribe, con la presencia de un número reducido de árboles semilleros y la corta de latifoliadas (Hawley y Smith 1972).

De manera general y con base en las gráficas de los tratamientos de árboles padre y de selección, se deduce que los encinos son más abundantes en la categoría 10-19 que los pinos. Mientras que en el resto de las categorías mantienen cifras semejantes, aunque los pinos parecen tener un ligero aumento en número en la categoría de más de 40 cm dap.

Por lo cual, los resultados de este estudio concuerdan con lo encontrado por Negreros y Snook (1984) y Jardel (1985), quienes señalan la ineficacia del método de selección en mantener un reclutamiento constante de pinos, favoreciendo a los encinos.

Por otra parte, la forma en la que se aplicó el tratamiento de árboles padre en la zona de estudio no permitió la regeneración de pinos, favoreciendo a los encinos; ocasionado por el número excesivo de árboles semilleros en el rodal y la falta de control sobre las latifoliadas (TIASA 2003)

En el rodal testigo los pinos presentan una distribución semejante a una curva cóncava, con un incremento de individuos en la clase diamétrica mayor a 40 cm dap, debido a que no ha sido intervenido recientemente, ya que el aprovechamiento forestal tiende a eliminar los árboles de mayor diámetro. Daniel *et al* (1982) llama a esta distribución, forma de reserva, la cual se produce mediante prácticas silvícolas para asegurar la regeneración de las especies de interés. Para este estudio el rodal testigo difiere de lo mencionado por autores como Daniel *et al* (1982) y Chacón *et al* (1989), que señalan que los bosques de coníferas no aprovechados presentan una distribución en forma de campana o de edad uniforme.

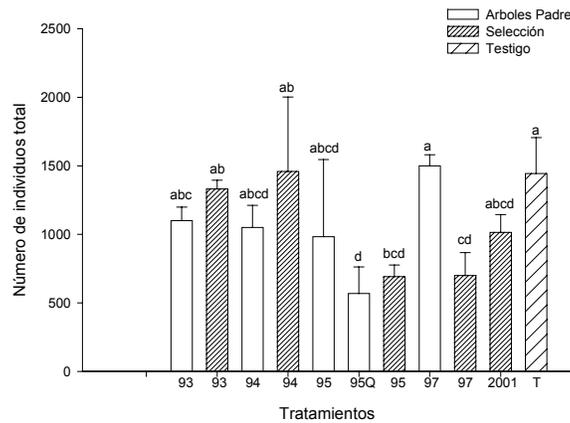
En cambio para los encinos, la distribución diamétrica es de una “j” invertida, típica de este género. De acuerdo a lo anterior, Crow *et al* (2002), menciona que los bosques no manejados de latifoliadas presentan una distribución de “j” invertida.

Observando las gráficas de distribución diamétrica del rodal testigo, podemos deducir que existe una mayor abundancia de individuos en la clase 10-19 de encinos con respecto a pinos, en ambos géneros conforme aumenta el diámetro, disminuye la abundancia de los mismos, finalmente en la categoría mayor a 40 cm, la abundancia de los pinos tiende a incrementar. Por lo que una remoción selectiva de los pinos en el dosel y de clases intermedias permitirá a los encinos avanzar hacia categorías mayores, al propiciar las condiciones de luz necesarias para el desarrollo de los mismos.

### 5.2.1 Abundancia de árboles y área basal del rodal

#### Abundancia y área basal total

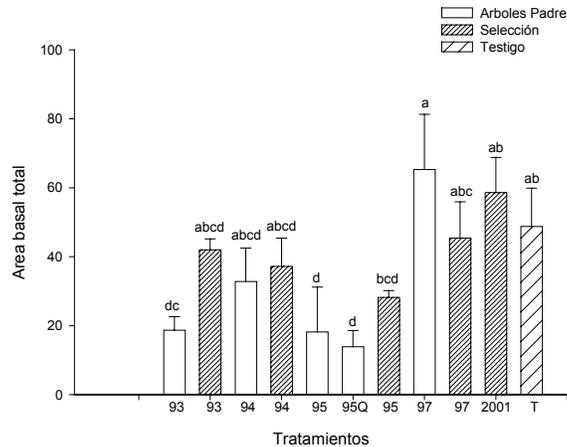
En la Figura 22 se presentan los promedios del total de individuos por hectárea ( $N$ ) para cada uno de los tratamientos. Estos varían en un rango que oscila 500 a 1500 individuos/ha. Se establecieron diferencias significativas entre ellos ( $p=0.0734$ ). Se observa que los tratamientos AP97 y T poseen mayor número de individuos que los tratamientos S97, S95 y AP95Q.



**Figura 22.** Promedio del número total de individuos/ha por tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

La Figura 23 permite observar los promedios del total de área basal por hectárea ( $G$ ), en donde existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p= 0.0022$ ). El tratamiento AP97 presenta mayor área basal que los tratamientos AP93, AP95, S95 y AP95Q.

Existe un comportamiento similar entre la mayoría de los tratamientos de árboles padre y de selección con relación a los promedios del total de las variables  $N$  y  $G$ . De acuerdo con Wadsworth (2000), los rodales bajo el método de selección en general no muestran grandes cambios de apariencia, por funcionar como una entresaca de árboles (Hawley y Smith 1972). Sin embargo, en los rodales intervenidos por el método de árboles padre se espera una respuesta diferente, debido a que el rodal es talado completamente con excepción de los árboles padre o semilleros (Smartwood y CCMSS 2002, Negreros y Snook 1984).



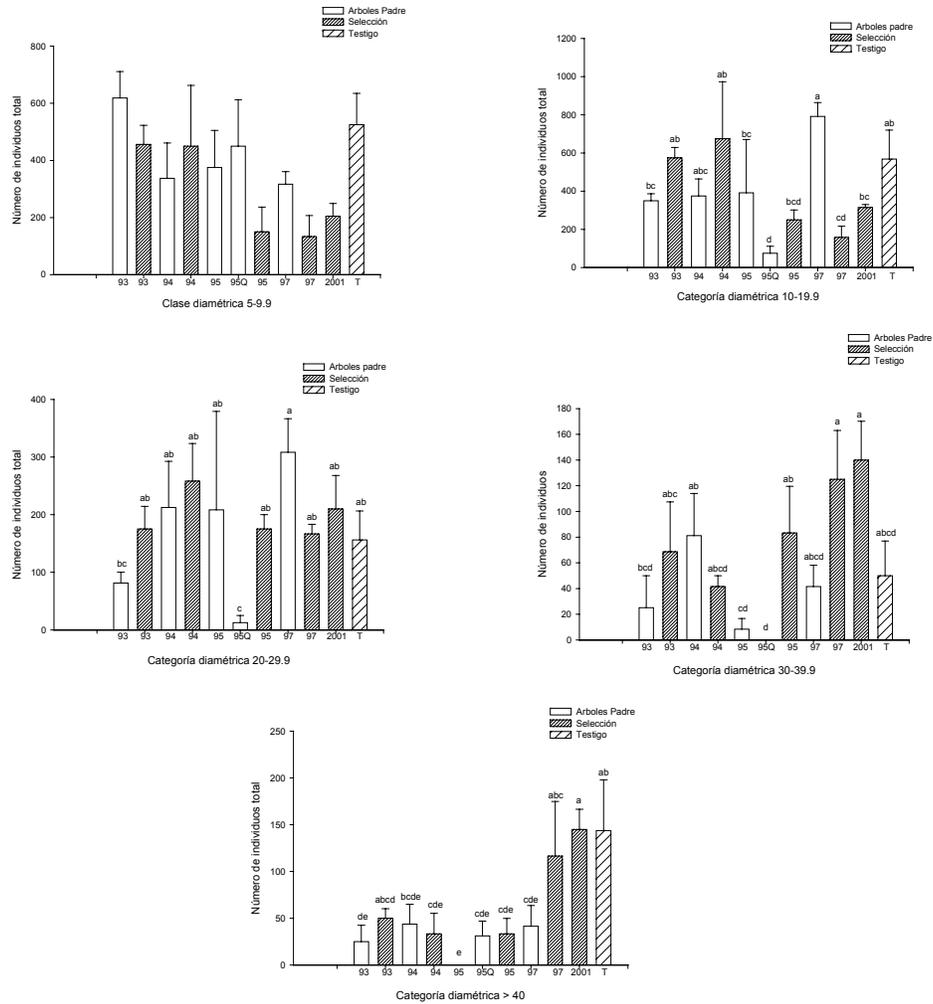
**Figura 23.** Promedio de área basal total m<sup>2</sup>/ha por tratamiento ± error estándar, árboles ≥ 5 cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas (p ≤ 0.1).*

El comportamiento del tratamiento AP95Q, se diferencia de la mayoría de los tratamientos de selección así como de árboles padre. Sus características coinciden con lo reportado por Hawley y Smith (1972) que indican que los rodales bajo el tratamiento de árboles padre poseen una densidad menor debido a la intensidad de corta; por otra parte la aplicación de quemas prescritas permite el control de especies de latifoliadas, como el encino, disminuyendo su abundancia en el rodal (Van Lear y Waldrop 1991).

#### **Abundancia de árboles por categoría diamétrica**

En la Figura 24 se presenta el promedio del total de individuos por categoría diamétrica para cada tratamiento. Se reportan diferencias significativas entre tratamientos para cada clase diamétrica con excepción de la categoría 5-9.9 ( $p=0.1151$ ). Por lo general en cada categoría diamétrica, el tratamiento de árboles padre AP95Q es el que presenta diferencias con el resto de los tratamientos.

Los resultados encontrados para los rodales de selección, son los esperados debido a que un aprovechamiento de este tipo genera bosques incoetáneos, es decir existen individuos en todas las clases diamétricas (Musálem y Fierros 1996).



**Figura 24.** Abundancia total de individuos para las cinco categorías diamétricas en cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

Sin embargo, lo anterior no se esperaría en los bosques bajo manejo del método de árboles padre, ya que su principal característica es la de generar rodales coetáneos con un máximo de dos clases representadas (Mora y Rodríguez s/f). El único de los tratamientos que muestra una distribución más acorde a lo esperado para un rodal coetáneo es AP95Q, en el cual no existen individuos en algunas categorías diamétricas o son escasos. De acuerdo a Mora y Rodríguez (s/f) esto responde a la finalidad del método de árboles padre, que pretende crear un nuevo rodal con características uniformes en cuanto a distribución y estructura de la masa arbórea.

## 5.2.2 Abundancia de individuos y área basal de *Pinus*. y *Quercus*.

### Abundancia de individuos total por grupo de especies

Para el número de individuos de especies de pino se tienen diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.09759$ ). El tratamiento S94 es diferente de AP93, S93, S95 y AP97, ya que estos últimos poseen menor número de individuos de pino (Cuadro 4).

Los resultados presentados en este estudio, para los tratamientos de árboles padre presentan menor número de individuos de pinos que de encinos, lo cual difiere con lo reportado por autores como Hawley y Smith (1972) que indican que este método genera mejores condiciones para el desarrollo de pinos. Esto no se originó en los rodales estudiados debido a la forma inadecuada de aplicar el método (TIASA 2003).

**Cuadro 4.** Promedio del número de individuos/ ha por grupo de especies en los once tratamientos, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación múltiple de Duncan  $\alpha= 0.1$ , letras diferentes entre tratamiento son estadísticamente diferentes.

Trat.	No. Pino	No. Encino
AP1993	168.8 $\pm$ 44.9 d	831.3 $\pm$ 173.0 abc
SP1993	175.0 $\pm$ 22.8 cd	1031.3 $\pm$ 94.8 ab
AP1994	343.8 $\pm$ 114.2 abcd	618.8 $\pm$ 122.2 bc
SP1994	900.0 $\pm$ 416.0 a	491.7 $\pm$ 110.2 c
AP1995	358.3 $\pm$ 174.6 abcd	550.0 $\pm$ 387.5 c
AQ1995	456.3 $\pm$ 150.4 abcd	68.8 $\pm$ 47.1 d
SP1995	291.7 $\pm$ 36.3 bcd	400.0 $\pm$ 112.7 c
AP1997	175.0 $\pm$ 43.3 cd	1266.7 $\pm$ 116.6 a
SP1997	533.3 $\pm$ 147.4 abc	108.3 $\pm$ 46.4 d
SP-2001	615.0 $\pm$ 165.5 ab	385.0 $\pm$ 66.4 c
Testigo	518.8 $\pm$ 170.2 abcd	843.8 $\pm$ 116.9 abc
Pr > F	0.0975*	<0.0001

\*Diferencias al 10%

Se observa también los promedios totales para la variable número de individuos del grupo de encinos (Cuadro 4). Existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p=<0.0001$ ). AP95Q y S97 presentan el menor número de individuos de encino con respecto al resto de los tratamientos.

La escasez de individuos del género *Quercus* en el tratamiento AP95Q, es consecuencia de las condiciones de luz generadas bajo el método de árboles padre (Musálem y Fierros 1996) que en conjunto con la aplicación de quemas preescritas aumenta su eficiencia en

la dominancia de pinos sobre encinos. Según Granados y López (1998), Fulé y Covington (1997) y Van Lear y Waldrop (1991), los incendios frecuentes y planificados benefician el mantenimiento de los pinares y el control de encinos, ya que estos últimos presentan menor resistencia al fuego.

Para el rodal S97, la escasez de encinos podría explicarse de acuerdo a las condiciones del sitio, ya que se encuentra a una altitud de 3000 msnm, donde los pinos dominan por su capacidad de adaptación a condiciones extremas y el establecimiento de las latifoliadas es menos exitosa (Daniel *et al* 1982; Lamprecht 1990; Rzedowski 1977).

La abundancia de encinos se justifica por varios factores: el método de selección favorece el desarrollo de especies tolerantes a la sombra por la baja intensidad de corta que resulta en claros pequeños dentro de la estructura del rodal (Jardel 1985; Pineda y Sánchez 1988); en los tratamientos de árboles padre sucede por la baja intensidad con la que se aplicó el método dejando árboles en exceso (TIASA 2003) y por que la corta de latifoliadas no se realizó por falta de mercado para los productos derivados de este grupo (TIASA 2003; Smartwood y CCMSS 2002).

Mantener un estadio sucesional integrado por coníferas, como los pinos, requiere de un esfuerzo continuo y de la aplicación de tratamientos alternativos como el fuego (Daniel *et al* (1982), lo cual se efectuó en el tratamiento AP95Q produciendo buenos resultados en el desarrollo de pinos.

De acuerdo al análisis de correlación, las variables número de individuos de pino y de encino están altamente correlacionadas ( $p < .0001$ ). El coeficiente de correlación entre número de individuos es de  $-0.96$ . Es decir que a mayor número de individuos de pino, menor número de encinos y viceversa. Coincidiendo con lo encontrado por Galindo *et al* (2002) para un bosque de pino del sur de México.

### Área basal total para *Pinus* y *Quercus*

El género *Pinus*, reportó diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0090$ ). Los tratamientos S97 y S2001 difieren de AP93, AP95, AP95Q y AP97, quienes poseen una menor área basal de *Pinus* (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Promedios de área basal (G) en m<sup>2</sup>/ha por grupo de especies en los once tratamientos, árboles  $\geq 5$  cm dap,. Prueba de comparación múltiple de Duncan  $\alpha=0.1$ , letras diferentes entre tratamiento son estadísticamente diferentes.

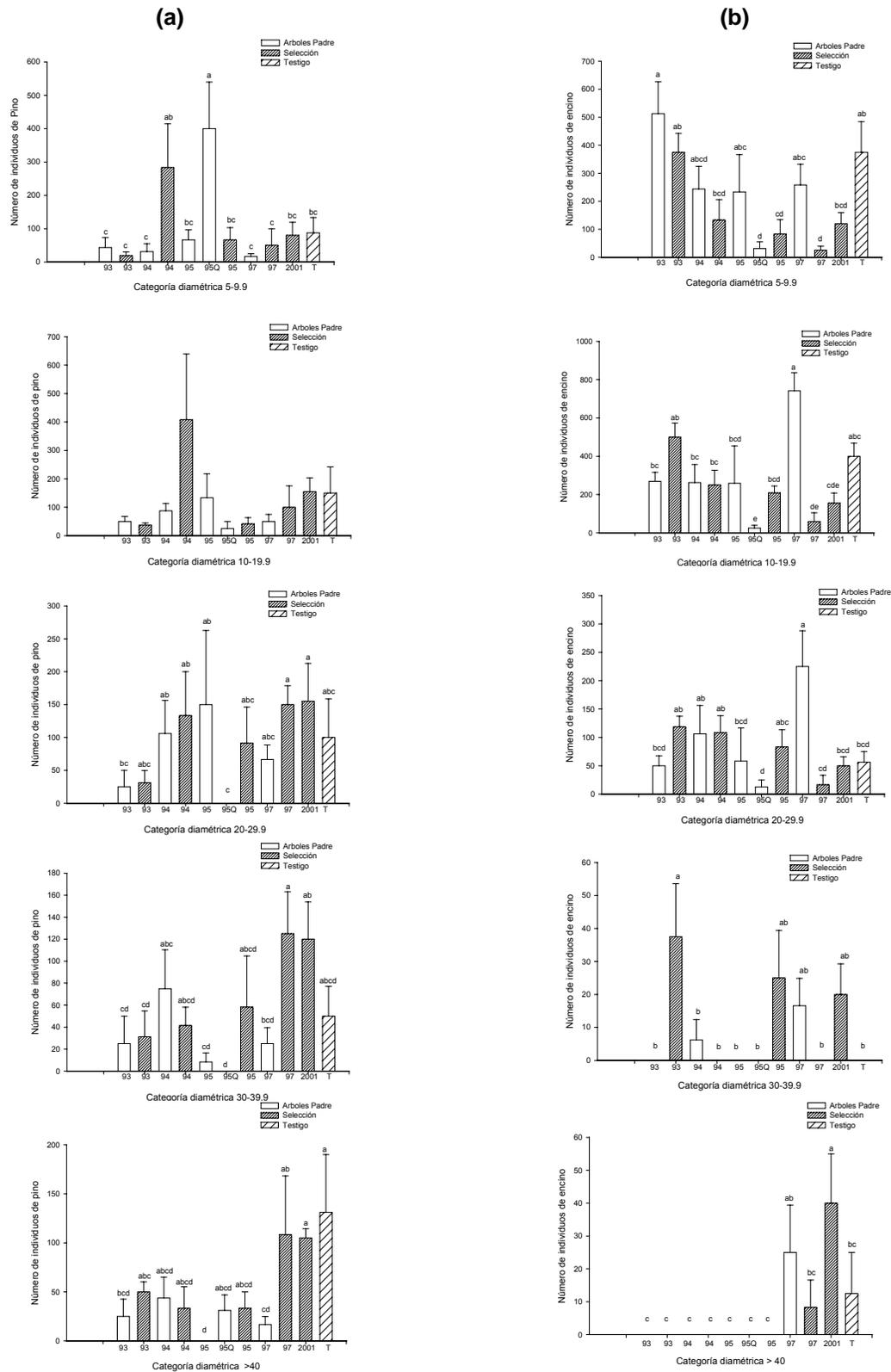
Trat.	G_Pino	G_Encino
AP1993	9.9 + 4.2 c	7.9 + 1.5 bcd
SP1993	23.0 + 4.0 abc	17.3 + 1.1 b
AP1994	21.5 + 8.5 abc	10.6 + 1.5 bcd
SP1994	26.0 + 5.6 abc	10.2 + 2.5 bcd
AP1995	10.3 + 7.0 c	7.5 + 5.9 cde
AQ1995	12.5 + 4.7 bc	1.0 + 0.8 e
SP1995	17.6 + 4.0 abc	10.4 + 3.4 bcd
AP1997	11.3 + 2.7 bc	53.3 + 16.7 a
SP1997	40.8 + 8.4 a	4.3 + 2.0 de
SP-2001	43.8 + 7.7 a	15.2 + 2.6 bc
Testigo	36.5 + 13.4 ab	11.7 + 3.1 bcd
Pr > F	0.0090	<.0001

En el Cuadro 5 están representados los promedios del total de la variable área basal de *Quercus*. Se reportan diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p=<0.0001$ ). En este caso AP97 presenta la mayor área basal de encino con respecto al resto de los tratamientos. (Difiere con Jardel y revisar Negreros, Pineda)

El área basal de pinos y encinos presenta una correlación alta ( $p=<0.0001$ ) con un coeficiente de  $-0.95$ . Esto indica que existe una relación negativa entre ambos grupos, es decir, si un grupo incrementa el otro decrece. Esta relación es reportada por varios autores en bosques de pino y encino (Fulé y Covington 1998; Galindo *et al* 2002).

### 5.2.3 Abundancia de *Pinus* y *Quercus* por categorías diamétricas

Los promedios por categoría diamétrica para cada tratamiento en *Pinus spp.* (a) y *Quercus* (b) se presentan en la Figura 25. Se observan diferencias significativas entre tratamientos para cada categoría, a excepción de la categoría 10-19.9 ( $p=0.2313$ ) en el grupo *Pinus*.



**Figura 25.** Abundancia de individuos de pino (a) y de encino (b) para las cinco categorías diamétricas en cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. *Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).*

En la categoría diamétrica 5-9.9, se presentan diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0182$ ) para el grupo de los pinos. El tratamiento AP95Q es similar a SP94, pero difiere estadísticamente del resto de los tratamientos, los cuales poseen menor número de individuos. El éxito regenerativo de los pinos en el tratamiento AP95Q se debe, no solo a la intervención del rodal con el método de árboles padre, sino también a la aplicación de quemas preescritas. La cual elimina las semillas de especies competidoras y permite la apertura de los estróbilos de las especies de pino. El resultado es un bosque dominado por pinos (Granados y López 1998).

Para el grupo de encinos, en la categoría diamétrica 5-9.9 se registran diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0010$ ). Los tratamientos AP93, S93 y T son diferentes a S95, S2001, AP95Q y S97 con menor número de encinos. La abundancia de encinos en el testigo y S93 es posible que se deba al método silvícola aplicado, ya que según Jardel (1985) desde 1958 se han aprovechado estos bosques con el método de selección que favorece la regeneración de encinos sobre los pinos y hasta la fecha continúa vigente a pesar de los resultados desfavorables (TIASA 2003).

En la categoría 10-19.9, los encinos muestran diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $<.0001$ ). El tratamiento AP97 posee mayor número de encinos que los tratamientos S97 y AP95Q. Como se ha mencionado, la abundancia de encinos en los rodales se debe a la aplicación no adecuada del método de árboles padre.

En los tratamientos S97 y AP95Q, la escasez de encinos es un efecto de las condiciones de sitio y la aplicación de quemas preescritas, respectivamente. Esta característica de los tratamientos S97 y AP95Q es común para otras categorías diamétricas.

La última categoría, mayor a 40 cm dap, presenta diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0081$ ) para el grupo de los pinos. El testigo, S2001 y S97 difieren de AP95Q y AP95, en éste último no existen individuos mayores a 40 cm dap.

Para la misma categoría, con respecto a los encinos se reportan diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0004$ ). S2001 es similar a AP97, pero diferente de los tratamientos de los años 93, 95, 94 y 95, los cuales no poseen individuos de encino mayores a 40 cm dap.

Las dos primeras categorías diamétricas muestran una mayor abundancia de individuos de *Quercus* que individuos de *Pinus* en los tratamientos en general. Para la categoría 20-29.9 parece no haber mucha diferencia en la proporción de ambos grupos en los tratamientos. En las últimas dos categorías los pinos son dominantes y los encinos en muchos de los tratamientos están ausentes.

La abundancia de los encinos con respecto a los pinos en las categorías menores, supone una dominancia en el sotobosque, ya que son tolerantes a la sombra. En categorías mayores los pinos son dominantes sobre los encinos, pero la proporción de individuos es menor con respecto al resto de las categorías. Debido posiblemente a la aplicación de los métodos de regeneración. En el caso del método de árboles padre, los árboles tomados como semilleros son los de la clase dominante. En el método de selección, se extraen los árboles viejos y maduros del rodal, aunque algunas veces no son extraídos por ser fuente de semillas o como protección a la regeneración (Musálem y Fierros 1996).

Por lo anterior, es posible que la remoción de los pinos del dosel superior permita la liberación de encinos y tomen ventaja. Esto es de esperarse en rodales de selección pero no en los rodales de árboles padre donde se espera que el pino domine. Al respecto, dentro de las condicionantes hechas por Smartwood y CCMSS (2001) se indica que los volúmenes autorizados de encino y otras latifoliadas deberán ser removidos con el objeto de no alterar la composición de especies tal como se prescribieron en el Plan de Manejo de la zona de estudio, ya que de no ser así a mediano plazo se obtendrían bosques de encino-pino.

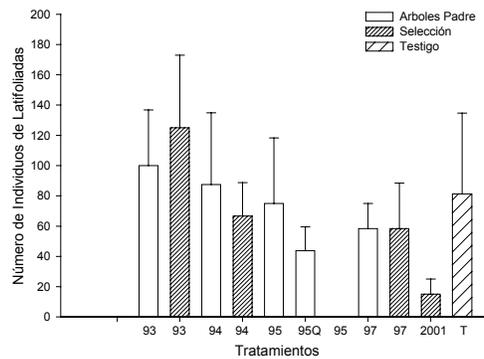
Al respecto Spurr y Barnes (1980) señalan que la remoción diferencial de una especie otorga ventajas para el desarrollo de otra cambiando así la composición del bosque dentro del proceso de sucesión. Por ello, en bosques de coníferas y latifoliadas, algunos autores aseguran que incendios frecuentes impiden el avance de las latifoliadas a categorías diamétricas superiores, deteniendo el proceso de sucesión (Van Lear y Waldrop 1991; Daniel *et al* 1982).

Fulé y Covington (1997), mencionan que los pinos son susceptibles de declinar cuando existen largos periodos sin fuego dando oportunidad a los encinos de regenerar con

mayor éxito. Cabe aclarar que en la zona de interés se presentan incendios de manera natural cada año, pero estos son controlados rápidamente sin afectar grandes extensiones (Smartwood y CCMSS 2004) por lo que no existen disturbios de este tipo y el programa de manejo forestal no los contempló para su aplicación (TIASA 2003).

#### 5.2.4 Abundancia de individuos y área basal de latifoliadas diferentes a *Quercus*

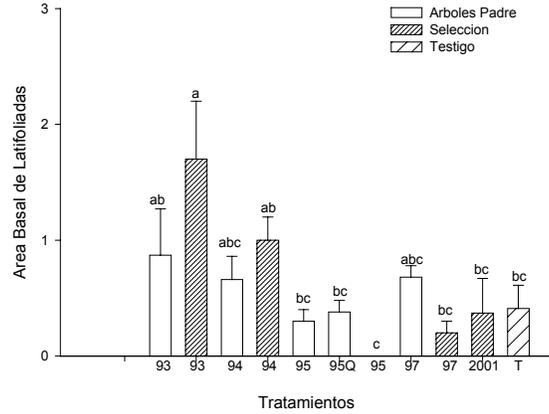
Los promedios del total de número de individuos por hectárea de latifoliadas diferentes del encino se muestran en la Figura 26. El análisis del ANDEVA no reporta diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.1614$ ). No obstante, la gráfica muestra diferencias no captadas por el nivel de significancia.



**Figura 26.** Abundancia total de individuos de latifoliadas en cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

Respecto a la variable G, este grupo muestra diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0607$ ). Las diferencias se observan entre los tratamientos S93 con mayor promedio de área basal que tratamientos como AP95, AP95Q, S95, AP97, S97, S2001 y T (Figura 27).

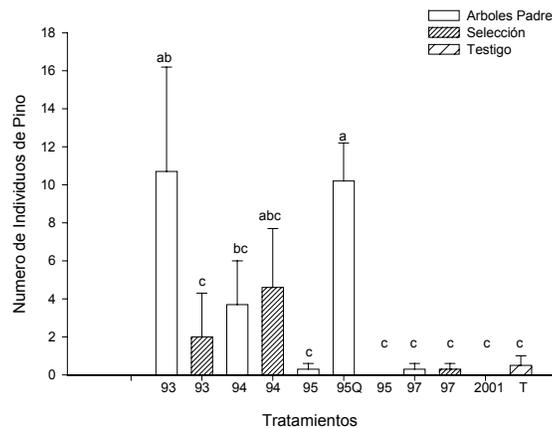
A pesar de la presencia de especies de latifoliadas diferentes del encino en el bosque de estudio, no llegan a ser dominantes dado que en ningún caso superan los 2 m<sup>2</sup> de área basal. Lo anterior es común en bosques de pino-encino, en donde generalmente son estos grupos los que dominan los rodales (Daniel et al 1982; Rzedowski 1977).



**Figura 27.** Área basal total de latifoliadas para cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

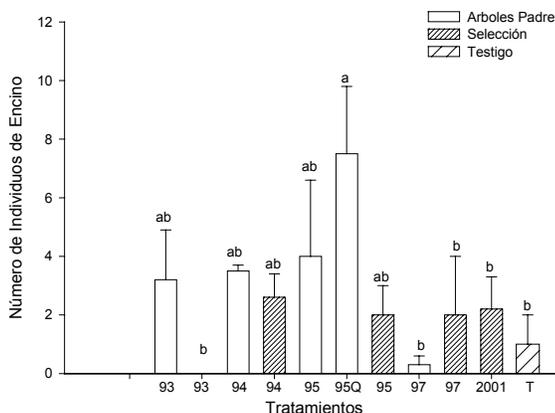
### 5.2.5 Abundancia de latizales de *Pinus* y *Quercus*

En general todos los tratamientos presentan un número escaso de individuos en esta categoría de tamaño ( mayor a 25 cm de altura y menor a 5 cm dap). En la Figura 28 es posible observar que existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0006$ ). El tratamiento AP95Q es similar a AP93 en número de latizales, sin embargo, son diferentes de tratamientos como S93, AP95, S95, AP97, S97, S2001 y T con menor número de latizales. En relación a la abundancia del tratamiento AP95Q y de acuerdo con Van Lear y Waldrop (1991), el uso de quemas prescritas es una herramienta invaluable para el éxito regenerativo de los pinos.



**Figura 28.** Abundancia de latizales de pino/m<sup>2</sup>  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 25$  cm de altura y  $< 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

En el caso de los encinos, también existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0.0314$ ). El tratamiento AP95Q difiere estadísticamente de los tratamientos T, S2001, AP97, S97 y S93 (Figura 29). La abundancia de encinos en el tratamiento AP95Q, obedece a que el fuego también favorece la regeneración de encinos y el rebrote de los mismos (Zavala 2001). Sin embargo, con incendios frecuentes, incrementa en número de pinos en el rodal pero disminuye el de encinos (Smith *et al* 1997; Galindo *et al* 2002).



**Figura 29.** Abundancia de latizales de encino/m<sup>2</sup> ± error estándar, árboles ≥ 25 cm de altura y < 5 cm dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

Los resultados de este estudio son similares a lo reportado por TIASA (2003) para la misma zona, mencionando que la aplicación de los métodos de regeneración originaron como resultado la escasa regeneración. Las posibles causas son la falta de apertura de mayor tamaño en el dosel y la ausencia del control de latifoliadas. Lo que da como resultado condiciones de competencia severas, donde los pinos se enfrentan a problemas serios de reproducción y mantenimiento de un rápido crecimiento (Daniel *et al* 1982)

En bosques manejados bajo aprovechamiento selectivo, Pineda y Sánchez (1988) encontraron escasa regeneración de pinos debido a la intolerancia a la luz y la abundante hojarasca. Por su parte Jardel (1985) y Negreros y Snook (1984) mencionan que el método selectivo no satisface el reclutamiento continuo de pinos y la regeneración de los mismos está suprimida por un dosel de pinos y encinos.

En forma general el método de selección no se recomienda para especies intolerantes a la sombra como los pinos, además de que no considera la relación entre estos y los

encinos a nivel de competencia y sucesión ecológica ( Jardel 1985; Pineda y Sánchez 1988) .

Al igual que en los tratamientos de selección, la regeneración de pinos en el método de árboles padre fue escasa. Lo anterior difiere de TIASA (2003) que reporta una mejor respuesta de la regeneración en los rodales intervenidos con el método de árboles padre. Sin embargo, menciona que fue mejor en las áreas donde hubo aplicación de quemas controladas y el número de árboles padre no fue excesivo, como se reporta en este estudio para el tratamiento AP95Q.

Para una mayor dominancia de las coníferas sobre las latifoliadas, se requiere de una densidad menor, ya sea medida en número de individuos o área basal (Daniel *et al* 1982) y del uso del fuego para el control de las latifoliadas (Van Lear y Waldrop 1991). Con excepción del tratamiento AP95Q, ninguna de estas dos condiciones fueron encontradas en el área de estudio por lo que era de esperarse la respuesta negativa de los pinos a los métodos de regeneración aplicados.

Con respecto a los encinos la regeneración también es escasa; según Ramírez *et al* (1996) algunas especies de este género requieren de cierta apertura en el dosel para establecerse, aunque de menor tamaño que la que requieren los pinos. Además, son susceptibles al acentuado disturbio, ya sean incendios frecuentes o antropogénicos (Zavala y García 1998).

### **5.3 Diversidad y composición de los rodales estudiados**

#### **5.3.1 Número de especies total y por grupo**

En el área de estudio TIASA (2003), reporta un total de 29 especies arbóreas, lo cual no difiere en gran medida de lo reportado por este estudio, en donde se identificaron un total de 25 especies de árboles, 7 de las cuales son especies de pinos, 10 de encinos y 8 especies son de otras latifoliadas (Anexo 1). De acuerdo con Daniel *et al* (1982) el bosque de coníferas consta de un reducido número de especies, por lo que los resultados aquí presentados concuerdan con estas expectativas.

Aunque existen pocas diferencias significativas entre tratamientos para el número de especies total ( $p=0.0095$ ), se observa que los tratamientos S93, T, S94 y AP94 presentan un mayor número de especies con relación a tratamientos como S95 y AP95Q (Cuadro 6). Para Crow *et al* (2001) hay menos especies de árboles en bosques manejados porque las intervenciones tienden a favorecer a algunas especies sobre todo comerciales. Como es el caso de AP95Q en donde se favoreció a las especies del género *Pinus*, por lo cual es uno de los tratamientos con menor riqueza de especies.

**Cuadro 6.** Promedio del número de especies total y por grupo de especies en los once tratamientos, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación múltiple de Duncan  $\alpha=0.1$ , letras diferentes entre tratamiento son estadísticamente diferentes.

Trat.	Total Especies	Esp. Pino	Esp. Encino	Esp. latifoliadas.
AP1993	6.5 ± 0.6 ab	2.0 ± 0.0 bc	3.5 ± 0.6 ab	1.0 ± 0.0 ab
SP1993	8.0 ± 1.4 a	2.7 ± 0.7 abc	3.7 ± 0.8 a	1.5 ± 0.2 ab
AP1994	7.2 ± 0.7 a	3.2 ± 0.7 ab	3.0 ± 0.0 ab	1.0 ± 0.0 ab
SP1994	7.6 ± 0.6 a	3.0 ± 0.5 ab	3.0 ± 0.0 ab	1.6 ± 0.3 ab
AP1995	5.6 ± 0.3 abc	2.0 ± 0.0 bc	2.6 ± 0.3 ab	1.0 ± 0.5 abc
AQ1995	3.75 ± 1.0 c	1.5 ± 0.2 c	1.0 ± 0.5 c	1.2 ± 0.4 ab
SP1995	4.3 ± 0.3 bc	1.6 ± 0.3 c	2.6 ± 0.3 ab	0.0 ± 0.0 c
AP1997	7.0 ± 1.0 ab	2.3 ± 0.3 abc	2.6 ± 0.6 ab	2.0 ± 0.5 a
SP1997	5.0 ± 1.0 abc	2.6 ± 0.3 abc	1.6 ± 0.3 bc	0.67 ± 0.3 abc
SP-2001	6.8 ± 0.4 ab	3.0 ± 0.3 ab	3.2 ± 0.5 ab	0.60 ± 0.4 bc
Testigo	7.75 ± 0.8 a	3.5 ± 0.6 a	3.7 ± 0.7 a	0.5 ± 0.2 bc
Pr > F	0.0095	0.0781*	0.0161	0.0309

\* Diferencias al 10%.

Al igual que la variable anterior, para el número de especies de pino, la mayoría de los tratamientos no difieren entre sí ( $p=0.0781$ ). Solo el testigo es diferente de AP93, AP95, S95 y APQ95, debido a que posee un mayor número de especies de pino. Así también, en cuanto al número de especies de encino, se encontraron diferencias del testigo y S93 con respecto a S97 y AP95Q, siendo estos últimos los que presentan menor número de especies.

Por otro parte, para el número de especies de latifoliadas únicamente se encontraron diferencias entre el tratamiento AP97 con respecto a T y S95, que presentan menos especies que el primero.

En cuanto al número de especies total, la mayoría de los tratamientos de árboles padre y de selección no difieren entre si. Cabe mencionar que AP97 es uno de los tratamientos

que posee mayor número de especies con relación a otros tratamientos. Esto podría deberse a la forma en la que se aplicó el método de árboles padre en la zona de estudio.

La excepción entre los tratamientos de árboles padre, es el tratamiento AP95Q, en el cual el número de especies total es menor comparado con otros tratamientos. Lo anterior es explicado por el método de regeneración utilizado en el rodal que responde más a necesidades silvícolas que de conservación de la diversidad, ya que el manejo de un bosque se facilita cuando está compuesto por pocas especies (Daniel *et al* 1988).

La presencia de un mayor número de especies para los rodales de selección es de esperarse por varios factores. Al respecto, Schoonmaker y Mckee (1988) consideran que el crecimiento de especies tolerantes a la sombra y la apertura del dosel crean un régimen más heterogéneo de luz, lo que permite una mayor diversidad de especies, que las que habría en métodos más drásticos.

Como es de esperar el testigo presenta un promedio más alto para el total de especies, lo mismo para el promedio de especies de pinos y de encinos. Es posible observar, en cada tratamiento que el número de especies de pinos es ligeramente menor o igual que el de encinos, pero nunca mayor. Esto puede ser producto del aprovechamiento selectivo de una sola especie con respecto a otras (Spurr y Barnes 1980; Jardel 1985).

### **5.3.2 Índices de diversidad**

En general para esta variable, se tiene que la mayoría de los tratamientos no difieren entre sí, por lo que solo se mencionan algunos de los tratamientos que mostraron diferencias con respecto a otros. Por otra parte, de acuerdo a los resultados obtenidos en los índices de diversidad, se observó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para el índice de Simpson (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Índices de diversidad Simpson ( $\lambda$ ), Alfa de Fisher y Shannon-Wiener ( $H'$ ), para los grupos de especies en cada tratamiento  $\pm$  error estándar, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación Duncan. Letras distintas entre bosques indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ ).

Trat.	Simpson	Alfa de Fisher	Shannon
AP1993	0.31 $\pm$ 0.05	2.1 $\pm$ 0.3 ab	1.3 $\pm$ 0.1 a
SP1993	0.43 $\pm$ 0.09	2.7 $\pm$ 0.7 ab	1.2 $\pm$ 0.2 ab
AP1994	0.23 $\pm$ 0.03	2.5 $\pm$ 0.3 ab	1.6 $\pm$ 0.1 a
SP1994	0.31 $\pm$ 0.01	2.8 $\pm$ 0.6 a	1.4 $\pm$ 0.04 a
AP1995	0.26 $\pm$ 0.04	2.4 $\pm$ 0.5 ab	1.4 $\pm$ 0.08 a
AQ1995	0.59 $\pm$ 0.09	1.3 $\pm$ 0.3 b	0.7 $\pm$ 0.1 c
SP1995	0.27 $\pm$ 0.02	1.5 $\pm$ 0.2 ab	1.2 $\pm$ 0.07 ab
AP1997	0.39 $\pm$ 0.06	2.1 $\pm$ 0.4 ab	0.8 $\pm$ 0.3 bc
SP1997	0.38 $\pm$ 0.06	1.7 $\pm$ 0.3 ab	1.1 $\pm$ 0.1 abc
SP-2001	0.25 $\pm$ 0.03	2.3 $\pm$ 0.2 ab	1.5 $\pm$ 0.1 a
Testigo	0.25 $\pm$ 0.03	2.4 $\pm$ 0.3 ab	1.5 $\pm$ 0.09 a
Pr > F	0.2049	0.0029	0.0014

Para el índice de Alfa de Fisher se encontraron diferencias significativas entre 2 tratamientos. La diferencia se reporta entre S94 con respecto a AQ95, donde hay menos diversidad. Por otra parte, para el índice de Shannon existen diferencias significativas entre los tratamientos AP93, AP94, S94, AP95, S2001 y T que presentaron mayor diversidad con respecto a AQ95.

En los índices de Alfa de Fisher y Shannon, los tratamientos que presentan una diversidad mayor con respecto a AP95Q, se debe a que poseen mayor riqueza de especies y con pocas diferencias en abundancia. El AP95Q es uno de los tratamientos que no sólo está compuesto por menos especies, sino que también una de ellas posee más del 70% de abundancia con respecto a las otras. En general, los disturbios como el aprovechamiento forestal incrementan la dominancia de alguna especie y reducen la riqueza del rodal (Smith *et al.* 1997, Wohlgemuth *et al.* 2002).

Para Magurran (1988), la riqueza de especies y la distribución equitativa de las mismas son aspectos importantes para alcanzar altos valores de diversidad según los índices de Alfa de Fisher y Shannon.

Los valores reportados por los índices de diversidad para la zona de estudio reflejan un bosque con poca riqueza de especies y alta dominancia de unas cuantas, lo que coincide con lo reportado para bosques de pino-encino (Daniel *et al.* 1982).

### 5.3.3 Composición del rodal

El análisis de varianza reportó diferencias significativas entre tratamientos en todos los grupos de especies (pinos, encinos y latifolidas) en lo que respecta al índice de valor de importancia (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Porcentaje del índice de valor de importancia (IVI) en los once tratamientos, árboles  $\geq 5$  cm dap. Prueba de comparación múltiple de Duncan  $\alpha=0.1$ , letras diferentes entre tratamiento son estadísticamente diferentes.

Trat.	IVI%_Pino	IVI%_Encino	IVI%_lat.
AP1993	31.9 + 6.1 de	58.0 + 7.3 ab	10.5 + 2.7 a
S1993	30.8 + 1.4 de	57.6 + 3.3 ab	11.7 + 1.4 a
AP1994	41.1 + 5.1 cd	46.7 + 5.8 ab	8.9 + 2.5 a
S1994	52.0 + 5.1 bc	36.4 + 5.5 bc	9.7 + 1.2 a
AP1995	46.6 + 3.1 cd	44.3 + 7.7 ab	10.1 + 6.9 ab
AQ1995	73.7 + 9.0 a	10.9 + 6.7 d	16.3 + 7.0 a
S1995	57.2 + 7.2 abc	46.4 + 6.1 ab	0.0 + 0.0 b
AP1997	21.6 + 2.8 e	67.2 + 0.4 a	10.8 + 2 a
S1997	69.1 + 5.2 ab	19.13 + 2.2 dc	6.2 + 3.1 ab
S2001	57.9 + 4.1 abc	38.4 + 6.2 bc	3.1 + 2.0 ab
Testigo	47.9 + 5.5 cd	46.5 + 9.4 ab	4.5 + 2.6 ab
Pr > F	<. 0001	<. 0001	0.0656*

\* Diferencias al 10%.

Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p < .0001$ ) para el IVI de pinos. Los tratamientos AP95Q y S97 difieren de AP97, quien tiene menor valor de IVI. En relación al IVI de encinos, también se registran diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p < .0001$ ). El tratamiento AP97 difiere significativamente de AP95Q y S97, los cuales presenta un porcentaje bajo de IVI para encinos.

En los tratamientos existe una relación inversa entre pinos y encinos en los valores de IVI. Un ejemplo de ello es el tratamiento AP95Q que posee mayor porcentaje de IVI para pinos, ocurriendo lo contrario para los encinos. Para AP97 el porcentaje de IVI para encinos es mayor que el de pinos. Esta relación parece ser común en los bosques de pino-encino. Resultados similares a los anteriores fueron encontrados en Chiapas, México por Galindo *et al* (2002), el cual reporta una relación negativa entre el IVI de pino y encino.

Los valores altos de importancia relativa que presentan los encinos en casi todos los tratamientos de la zona pueden ser originados por factores como la composición natural

de los bosques de pino-encino, proceso de sucesión y el método de regeneración utilizado.

En forma natural, los bosques de pino generalmente se encuentran mezclados con especies de latifoliadas, principalmente del género *Quercus* (Rzedowski 1977). Además de ello, las especies de *Pinus* son consideradas como parte de estadíos sucesionales tardíos y se espera que sean sustituidos por especies de *Quercus* conforme el proceso de sucesión avanza, a menos que se presente un disturbio como el fuego o el aprovechamiento forestal (Spurr y Barnes 1980; Daniel et al 1982; Jardel 1985;).

En los rodales de estudio tratados con el método de árboles padre, se esperaría que los valores de IVI de pinos fueran superiores a los de encinos, lo cual no sucedió debido a la aplicación no adecuada del tratamiento (TIASA 2003). De acuerdo a Spurr y Barnes (1980), la dominancia de un grupo sobre otro puede ser efecto del aprovechamiento forestal, regulando la intensidad y el patrón de tala se puede influir en gran medida en la composición forestal subsecuente y el grado de sucesión, favoreciendo a la especie deseada. La excepción es el rodal con tratamiento de quema prescrita, donde el método utilizado ha tenido éxito para el establecimiento de individuos de pino.

En el caso del tratamiento de selección, el IVI de pinos no supera con mucho el de encinos. Este método favorece la dominancia de especies de latifoliadas acelerando el proceso de sucesión (Jardel 1985; Pineda y Sánchez 1988). La única excepción es el rodal del tratamiento S97, donde la dominancia de pinos es efecto de las condiciones de sitio no del manejo forestal.

Para el IVI de otras latifoliadas se reportan diferencias significativas entre los tratamientos AP97 y AQ95 que son diferentes de S95, quién no posee individuos de este grupo. En general, se observa que el grupo de las latifoliadas constituyen no más de un 16% de la composición de los rodales, siendo los grupos de *Pinus* y *Quercus* los más importantes.

## 5.4 Relación de la regeneración con las condiciones del sitio

### 5.4.1 Análisis de regresión para brinzales

Para la relación de brinzales de pino (BP) con las condiciones de sitio y estructura, el procedimiento de regresión seleccionó 3 de las 15 variables por su aporte al modelo. Estas variables son altura promedio de individuos de pinos  $\geq 5$  cm dap (APP), altura promedio de individuos de encinos  $\geq 5$  cm dap (APE) y número total de individuos (NTI), las cuales en su conjunto influyen significativamente en la abundancia de brinzales de pino, el modelo matemático explica en un 37% la abundancia de la regeneración de brinzales de pino, con la ecuación siguiente:

$$BP = 4.47 - 0.1205 APP - 0.0841 APE - 0.00089 NTI$$

De acuerdo al modelo, la altura promedio de individuos de pino y la altura promedio de individuos de encino están relacionadas negativamente con la abundancia de brinzales de pinos. Por lo anterior, se deduce que a mayor promedio de altura de los árboles en el rodal, menor abundancia en brinzales de pino. Por último, el número total de individuos del rodal influyen de manera negativa en la abundancia del grupo mencionado. Por lo tanto, a mayor abundancia de individuos, menor regeneración de pinos. Esto es de esperarse ya que influyen en la apertura del dosel cambiando las condiciones de luz, temperatura y humedad (Spurr y Barnes 1980, Fownes y Harrington 2004).

En cuanto a la significancia reportada por el modelo, la variable altura promedio de encinos es la más importante ( $p=0.0057$ ), seguida de la altura promedio de pinos ( $p=0.0255$ ) y por último el número total de individuos (0.0297). Es posible que la importancia de estas variables estén relacionadas con el tamaño de apertura del dosel y con la cantidad de luz que pueda recibir el sotobosque, tomando en cuenta que los pinos son intolerantes a la sombra para su establecimiento y desarrollo.

Para la variable dependiente número de brinzales de encinos (BE), el procedimiento de regresión seleccionó 3 del total de 15 variables por su contribución al modelo. Estas variables son promedio de altura total (APT), altura promedio de individuos de encinos  $\geq 5$  cm dap (APE) y promedio de diámetro de copa total (DCT), las cuales en su conjunto

influyen en la abundancia de la regeneración de BE. El modelo matemático explica solamente un 20% de esta relación. La ecuación es la siguiente:

$$BE = -0.4546 - 0.1115 APT + 0.0503 APE + 0.2971 DCT$$

El promedio de altura total se relaciona negativamente con la abundancia de la regeneración de encinos. Por su parte, la altura promedio de encino y el diámetro de copa total influyen de manera positiva en la abundancia del mismo grupo. La altura y el diámetro de copa están relacionados entre sí, y de manera inversa con la apertura del dosel. El incremento en la altura promedio de encino y el diámetro de copa total, reduce el tamaño de claros y aumenta la regeneración de encinos. Por lo tanto, para un grupo tolerante a la sombra, como lo son los encinos es de esperar que exista una influencia positiva. Sin embargo, según Zavala y García (1998) reportan un efecto contrario, donde la escasez de luz limita la incorporación de brinzales de encino.

La significancia en el diámetro de copa ( $p= 0.0744$ ) es mayor en relación al resto de las variables. El promedio de altura total ( $p= 0.1131$ ) y el promedio de altura total de encino ( $p= 0.1028$ ) no son significativas, pero en conjunto con el diámetro de copa total, influyen en la abundancia de la regeneración de encinos por lo que son consideradas en el modelo.

#### 5.4.2 Análisis de regresión para latizales

Para los latizales de *Pinus spp.* (LP), el procedimiento de regresión seleccionó 4 de las 15 variables por su aporte al modelo. La mayoría de éstas variables predictoras corresponden más a las condiciones de sitio que de estructura, tales como orientación de la pendiente, altitud, pendiente y promedio total de altura (APT). El modelo matemático explica en un 42% la abundancia de LP. La ecuación es la siguiente:

$$LP = 21.52 - 0.0047 \text{ Altitud} - 0.07652 \text{ Pendiente} + 3.3822 \text{ Orientación} - 0.2943 \text{ APT}$$

La altitud influye de manera negativa en la abundancia de latizales de pinos, es decir, a mayor altitud menor abundancia de latizales de pino, debido a las condiciones extremas

de temperatura y viento que impiden la germinación y establecimiento de los individuos. Así también, la pendiente está relacionada de forma negativa con la abundancia de individuos de pino. Aldrete (1990) menciona que en los pinos, a mayor pendiente menor densidad de regeneración, debido a que los grados de inclinación de la pendiente se relacionan con la pérdida potencial de nutrientes a través de procesos como la erosión (Daniel *et al* 1982).

Por su parte, la orientación de la pendiente se relaciona de manera positiva con los latizales de pino. A su vez, la altura promedio total está inversamente relacionada con la variable dependiente. Al respecto de la significancia de las variables en el modelo, la más importante es la orientación de la pendiente ( $p=0.0020$ ), seguida de la altitud ( $p=0.0272$ ), pendiente ( $p=0.0641$ ) y por último el promedio de altura total ( $p= 0.1180$ ). A pesar de que esta variable no es significativa, es de importancia en el comportamiento de las variables seleccionadas.

Estudios realizados por Aldrete (1990) reportan la importancia de las variables como orientación de la pendiente, altitud e inclinación de la pendiente en la abundancia de latizales de pino para la especie *P. montezumae*, mencionando que estas características fisiográficas son determinantes en el establecimiento de dicha especie. De igual manera Park (2001) menciona la importancia de factores como la topografía, particularmente la inclinación de la pendiente, en la regeneración que se establece después del aprovechamiento forestal.

Por el contrario, los resultados anteriores difieren de lo encontrado por Negreros y Snook (1984), quienes reportaron que la regeneración de pinos depende únicamente en un 25% de variables como altitud, pendiente y orientación. La regeneración natural de pino está determinada por el área basal residual, es decir, por la abertura del dosel producida por el aprovechamiento.

Para los latizales de encinos (LE), el procedimiento de regresión identificó 4 variables como las más importantes para el modelo. Las cuales corresponden a altura promedio de pinos (APP), área basal total (GTotal), área basal de pinos (GPTotal) y la profundidad del

mantillo, que en su conjunto explican en un 46% la abundancia de encinos. En el recuadro siguiente es posible observar la ecuación del modelo.

$$LE = 10.0169 + 0.1826 \text{ Mantillo} - 0.4423 \text{ APP} - 0.0022 \text{ Gtotal} - 0.0211 \text{ GPTotal}$$

En la regeneración de latizales de encinos, el mantillo se relaciona positivamente con esta variable. En cambio, la altura promedio de pinos se relaciona de manera negativa con la abundancia de regeneración de encinos. Al igual que el área basal total y el área basal total de pinos. Al respecto de esta última, Galindo *et al* (2002) mencionan que existen una correlación negativa entre el área basal de pino y la dominancia de especies de latifoliadas, lo cual es determinante en el establecimiento de los encinos.

El promedio de altura de pinos es la variable más significativa ( $p= 0.0004$ ), después el área basal total ( $p=0.0146$ ), área basal de pino ( $p=0.1251$ ) y la profundidad del mantillo ( $p=0.1091$ ). Las dos últimas variables no son significativas, sin embargo, en el modelo fueron seleccionadas por que en conjunto con el resto contribuyen a explicar la abundancia de la regeneración.

Aunque el mantillo no es significativo en la abundancia de individuos de encinos, Cuevas (1989) y Aldrete (1990), reportan que a medida que la profundidad del mantillo orgánico tiende a incrementar las condiciones para que el crecimiento de la regeneración sea más favorable. Esto se debe a que a mayor profundidad de la materia orgánica, mayor retención de humedad y disminución del grado de erosión en el suelo y viceversa.

Lo anterior explica en parte, por que en rodales con tratamientos de quema prescrita los encinos son menos abundantes. Como efecto directo del fuego, el mantillo es removido en su totalidad y por lo tanto es más favorable para la regeneración de pinos (Granados y López 1998).

En forma general se considera que para brinzales como para latizales, las variables predictoras que más influyen en la abundancia de las mismas pueden ser controladas por el método de regeneración que se aplique. Autores como Daniel *et al* (1982) afirman que

la silvicultura puede regular las condiciones ecológicas que propicien la regeneración de la especie de interés.

### **5.5 Recomendaciones para el manejo**

El diseño y ejecución de un sistema silvícola responde tanto a necesidades sociales y económicas como a las necesidades del bosque y de las especies sujetas a aprovechamiento. Por lo tanto la elección del método de regeneración que ha de aplicarse es de influencia decisiva en la forma y tratamiento futuro del rodal (Musálem y Fierros 1996). En este estudio los métodos de regeneración evaluados, de árboles padre y de selección, provienen de sistemas distintos totalmente, monocíclico y policíclico respectivamente. Por lo tanto las ventajas y desventajas de cada método se relacionan con las que presentan los sistemas antes mencionados (Cuadro 9).

A pesar de que el método de selección favorece más a las especies esciófitas (especialmente encinos) por las condiciones de apertura del dosel que genera la entresaca de pinos, se ha aplicado en México desde 1960 como parte del “Método Mexicano de Ordenación de Montes” (MMOM), principalmente en lugares con pendientes muy inclinadas (Park 2001, TIASA 2003). Es recomendable modificar su aplicación en los bosques de pino-encino de manera que beneficie la regeneración de las especies de pino o bien sustituirlo con otro método que posea algunas de sus beneficios relacionados a la conservación de la diversidad.

El método de árboles padre fue desarrollado en México bajo el Plan de Mejoramiento Silvícola en 1973, formando parte del “Método de Manejo Forestal de Desarrollo Silvícola” (MDS) y es una modificación del método de dosel protector (Park 2001). Es el adecuado para especies de pino que se regeneran mediante cortas totales, sin embargo, existen más riesgos de erosión por que el suelo forestal queda expuesto, por lo cual no es recomendable en lugares con pendientes abruptas (Musálem y Fierros 1996). No sería recomendable aplicarlo de manera extensiva pues se conoce poco de los efectos a largo plazo en la conservación de la diversidad.

El desconocimiento de los requerimientos a nivel de especie y de las relaciones entre ellas ha llevado a aplicar los métodos de regeneración mencionados (especialmente el método de selección) de forma incorrecta y las consecuencias de ello son mencionadas por varios autores (Negreros y Snook 1984, Jardel 1985, Pineda y Sánchez 1988).

**Cuadro 9.** Ventajas y desventajas de los dos métodos de regeneración evaluados.

<b>Método de Selección</b>	<b>Método de Árboles Padre</b>
<p>Generación de rodales discretos (Smith <i>et al</i> 1997).</p> <p>Pérdidas menos severas por disturbios como incendios, plagas y enfermedades (Daniel <i>et al</i> 1982).</p> <p>Escasa regeneración y/o condiciones para favorecer especies deseadas no son bien conocidas (Louman 2001).</p> <p>Presencia de varias especies, heliófitas durables y esciófitas (Louman 2001).</p> <p>Manejo semeja disturbios de escala pequeña y frecuente. Más oportunidades de conservar la diversidad (Louman 2001).</p> <p>Manejo más complejo (Smith <i>et al</i> 1997).</p> <p>Menor volumen por hectárea y altos costos de extracción (Daniel <i>et al</i> 1982).</p> <p>Beneficios indirectos importantes como almacenamiento de CO<sub>2</sub>, protección de agua y suelo (Louman 2001)</p>	<p>Generación de rodales coetáneos (Smith <i>et al</i> 1997)</p> <p>Pérdidas más severas por disturbios (Daniel <i>et al</i> 1982).</p> <p>Regeneración en abundancia o se sabe como establecerla (Louman 2001).</p> <p>Relativamente pocas especies y/o dominancia de algunas cuantas, son comerciales y heliófitas (Louman 2001).</p> <p>Manejo semeja disturbios pocos frecuentes a escala mayor. La diversidad es menor (Louman 2001).</p> <p>Manejo más simple (Smith <i>et al</i> 1997).</p> <p>Mayor volumen por hectárea con la disminución de costos de extracción (Daniel <i>et al</i> 1982).</p> <p>En bosques primarios el riesgo de perder potencial para rendir servicios ambientales es mayor (Louman 2001).</p>

La combinación de ambos métodos, de selección y de árboles padre, puede beneficiar el paisaje local adecuándolos a las condiciones topográficas, a la estructura del rodal y a las especies que lo componen. Es necesario conocer los efectos de ambos métodos a largo plazo en el bosque de la zona de estudio por lo cual es importante fortalecer la investigación generando alianzas con las instituciones educativas y de investigación, tanto locales como nacionales o extranjeras. De esta forma no representaría gastos extras para la comunidad, además de que se elaborarían planes de manejo más integrales acordes a los requerimientos sociales y biológicos de la zona.

Por otra parte, Rodríguez y Fulé (2003) señalan que los pinares mexicanos están fuertemente influenciados por el fuego y parecen estar adaptados a este disturbio. Los beneficios de su aplicación son varios como la reducción gradual de combustible, el ciclaje de nutrientes, el control de especies de latifoliadas, la abundancia de regeneración de especies de pino, entre otros (Fulé y Covington 1998, Rodríguez y Fulé 2003). En

bosques de pino se recomienda el uso del fuego prescrito bajo condiciones específicas, en especies que así lo requieren, manteniendo una intensidad adecuada, monitoreo a largo plazo y una planeación estricta, además de informar a la sociedad local sobre sus beneficios, riesgos y el rol natural del fuego en los bosques (Rodríguez y Fulé 2003).

Otro aspecto de importancia y que generalmente no se toma en cuenta o se aborda de manera superficial en los planes de manejo, es el de conservación de la diversidad. Al respecto de lo anterior, Rodríguez y Fulé (2003) mencionan que muchos de los pinares mexicanos están caracterizados por una gran diversidad biológica. Dinerstein *et al* (1995) señalan que el bosque de pino-encino de la Sierra Madre del Sur de México (de la cual forman parte los rodales evaluados) se considera como sobresaliente a nivel global y de máxima prioridad a nivel regional, ya que constituye uno de los bosques subtropicales mixtos de coníferas y latifoliadas más diversos y complejos del mundo (WWF y UICN citados por Dinerstein *et al* 1995). La biota de esta región está caracterizada por tener varias especies endémicas a nivel regional y local (Dinerstein *et al* 1995).

Por lo anterior los programas de manejo forestal que se realicen en la zona deben contemplar no solo los aspectos de producción de madera, también temas relacionados a la diversidad (vegetal o animal) que albergan estos bosques y su importancia a nivel de paisaje. Sheil y Van Heist (2000) indican que existe una considerable cantidad de información acerca de la ecología del manejo forestal, pero que es muy poco usada. Además agregan que los responsables del aprovechamiento forestal deberían tener una visión más holística, a largo plazo y enfocada a nivel de paisaje. Finalmente mencionan que para lograr lo anterior se requiere de la amplia colaboración de ecólogos y otros profesionales, que en conjunto puedan direccionar el manejo forestal y permitir que el conocimiento disponible sobre ecología forestal deje de ser ignorado.

## VI. Conclusiones y recomendaciones

Mediante el análisis de los resultados del ANDEVA a dos vías, se encontró que en general no existe un patrón claro de comportamiento de las variables de respuesta en relación a los tratamientos evaluados y al año de intervención. Lo anterior puede ser resultado de la escasa diferencia en tiempo de los años de intervención evaluados, así como, entre el año de intervención y el año de evaluación. También la aplicación particular del método de árboles padre en la zona de estudio puede estar contribuyendo.

Los géneros *Pinus* y *Quercus* presentaron cada uno una forma particular de distribución diamétrica, para el caso de los pinos la más común fue la distribución en forma de campana, debido en parte al efecto que genera el método de árboles y a su condición de pioneras longevas. Existiendo en la mayoría de los tratamientos una concentración de individuos de pino en la categoría 20-29. Por su parte, los encinos presentaron una distribución de “j” invertida típica de especies tolerantes a la sombra, salvo en el tratamiento de árboles padre con quema prescrita

En cuanto al rodal testigo, los pinos presentaron una distribución diamétrica menos pronunciada con un aumento en la categoría de los árboles de más de 40 cm dap, lo cual es reflejo de la ausencia de intervención forestal reciente. A su vez, los encinos, en el rodal testigo, presentan una distribución de “j” invertida, en donde la abundancia desciende conforme aumenta el diámetro.

Varios de los rodales intervenidos por el método de selección en muchas ocasiones presentaron semejanzas estructurales con los rodales aprovechados por el método de árboles padre debido a la forma en la que se aplicó este último, con un exceso de árboles en el rodal y sin tratamiento para los encinos. La excepción a lo anterior fue el tratamiento AP95Q.

En las categorías menores de la mayoría de los tratamientos, fue posible observar que los individuos del género *Quercus* son ligeramente más numerosos que los individuos de *Pinus*. No obstante, conforme aumenta el diámetro, los pinos se van haciendo más abundantes y los encinos disminuyen, incluso desaparecen en varios tratamientos. Esto hace suponer que los encinos están dominando el sotobosque y los pinos el dosel

superior. Por lo cual, una remoción selectiva de los individuos de pino y poco o ningún control para los encinos, llevará a estos últimos a dominar los rodales con tendencia a cambiar la composición del bosque.

Al respecto de la diversidad de los rodales estudiados, se encontraron pocas diferencias entre tratamientos. Generalmente fue el tratamiento de árboles padre con quema prescrita quien presentaba diferencias con respecto a otros, mostrando valores más bajos de diversidad. En general, los valores de diversidad reportados en este estudio muestran rodales con poca riqueza de especies y donde unas cuantas son dominantes sobre el resto. En este caso no solo es un efecto del manejo forestal que tiende a simplificar los bosques (como en el caso del tratamiento de árboles padre con quema prescrita), sino de la naturaleza misma del bosque de pino-encino el cual está compuesto comúnmente por pocas especies.

En cuanto al índice de valor de importancia en porcentaje, se encontró que la relación que existe entre los géneros *Pinus* y *Quercus* es inversa, es decir, si un género es más abundante, el otro género tiende a disminuir su densidad. Esta relación puede ser controlada con métodos silvícolas que favorezcan el desarrollo de pinos sobre los encinos. Además, en los rodales manejados bajo el método de árboles padre se observó un alto de IVI de encino que no debería existir, ya que este tratamiento tiende a eliminar las especies que no son de interés comercial.

Comparado con otros tratamientos, el tratamiento de árboles padre con quema prescrita ha favorecido el desarrollo y dominancia de los pinos sobre los encinos, debido que el método silvícola aplicado procura una mayor apertura del dosel y el fuego tiene un papel determinante en la regeneración de los pinos y el control de los encinos. Incluso los latizales de pino y de encino fueron más abundantes en el tratamiento de árboles padre con quema prescrita en comparación a otros tratamientos. Sin embargo, la abundancia de latizales es escasa en los tratamientos en general.

Los métodos de regeneración utilizados en el área de estudio no están generando las condiciones adecuadas para la regeneración de las especies de *Pinus*, que son de interés comercial para la comunidad de Ixtlán.

Las variables estructurales (número de individuos, área basal, altura, diámetro de copa, entre otros) resultaron determinantes para el establecimiento y desarrollo de la regeneración de pinos y encinos, en la mayoría de los casos. En los latizales del género *Pinus*, las condiciones de sitio (orientación y pendiente) fueron las de mayor influencia. Pese a lo anterior, mediante el aprovechamiento forestal es posible incidir en una mayor abundancia de brinzales o latizales de pinos y disminuir los de encinos, debido a que este puede controlar las variables estructurales y generar las condiciones ambientales adecuadas para la especie de interés.

Para corroborar los resultados aquí presentados, se recomienda evaluar los rodales con un mayor tiempo de recuperación desde la última intervención silvícola, intensificar el muestreo y complementar el análisis de diversidad considerando otras formas de vida como herbáceas y arbustos, además de realizar colectas durante las estaciones seca y húmeda del año.

Por otra parte, se debe considerar el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo para monitorear rodales intervenidos por el método de selección y de árboles padre, con la finalidad de conocer sus efectos en la estructura y diversidad del bosque a largo plazo. Así mismo, la comunidad de Ixtlán debe mostrar mayor interés en proyectos de investigación que otorguen bases ecológicas para el manejo forestal y aseguren la regeneración de especies de pinos, sin causar un detrimento ecológico de las especies de latifoliadas.

De acuerdo a los resultados de este estudio, la aplicación del método de selección no es el más adecuado para el desarrollo de especies de pino, por lo que será necesario sustituirlo o modificarlo para obtener mejores resultados, considerando los requerimientos de las especies y las relaciones entre ellas.

El caso del tratamiento de árboles padre puede tener mejores resultados aplicado tal cual se prescribe, ya que es un método pensado para especies que requieren mayor apertura del dosel por ser intolerantes a la sombra, como los pinos. Así también la aplicación de quemas controladas es de vital importancia, no solo en el mantenimiento de pinares, sino también en el control de las especies de latifoliadas. Por tanto, se recomienda la

aplicación del método de árboles padre y el fuego controlado en circunstancias que los planes de manejo forestal consideren adecuados.

## VII. Literatura Citada

- Aus der Beek, R; Saénz G. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: Estudio de caso de los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, CR. Turrialba, CR, CATIE. 48 pg. (Informe técnico no. 200).
- Aldrete, A. 1990. Evaluación de la regeneración natural de *P. montezumae* Lamb. En áreas tratadas con el método de árboles padre. Tesis M.C. Montecillo, México. Colegio de Postgraduados. 90 p.
- Arriaga, L; Espinoza, JM; Aguilar, C; Martínez, E; Gómez, L; Loa, E. coords. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical; guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CATIE. 53 p.
- Chacón, JM; Manzanilla, H; Cano, VM. 1989. El bosque virgen, un caso en el estado de Chihuahua. Revista Ciencia Forestal 14 (66): 1-15.
- Crow, TR; Buckley, DS; Nauertz, EA; Zasada, JC; 2002. Effects of management on the composition and structure of Northern hardwood forest in Upper Michigan. Forest Science 48(1): 129-145.
- Daniel, TW ; Helms, JA ; Backer, FS. 1982. Principios de Silvicultura. México, McGrawHill. 492 p.
- Del Castillo, RF; Pérez de la Rosa, JA; Vargas A; Rivera, R. 2004. Coníferas. En: AJ, García-Mendoza; M, Ordóñez y M, Briones (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. México, Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF. 141- 158 p.
- Denevan, W. 1961. The upland pine forests of Nicaragua. USA, University of California. Pg. 252-255.
- Dinerstein, E; Olson, MD; Graham, JD; Webster, LA; Primm, AS; Bookbinder, PM; Ledec, G. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Washington, D.C., Banco Mundial-WWF. 135 p.
- Finegan, B. 1991. Bases ecológicas de la silvicultura y la agroforestería. Curso intensivo internacional de silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales (4, 1991, Turrialba, CR) CATIE. s.p.
- \_\_\_\_\_. 1992. Bases ecológicas para la silvicultura. I Tema. Curso intensivo Internacional de silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales (5, 1992, Turrialba, CR). Turrialba, CR. CATIE. 171p.
- \_\_\_\_\_, Hayes J; Delgado, D; Gretzinger, S. 2004. Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación. WWFCENTROAMERICA/PROARCA/CATIE/OSU. 116 p.

- Fownes, HJ; Harrington AR. 2004. Seedling response to gaps: separating effects of light and nitrogen. *Forest Ecology and Management* (article in press).
- Fulé, P; Covington W. 1998. Spatial patterns of Mexican pine-oak forest under different recent fire regimes. *Plant Ecology* 134: 197-209.
- Galindo, L; González, M; Quintana, P; García, L. 2002. Tree composition and structure in disturbed stands with varying dominance by *Pinus* spp. In the highlands of Chiapas, México. *Plant Ecology* 162: 259-272.
- Granados, D; López, GF. 1998. Ecología del fuego. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 4 (1): 193-206.
- González, RA. 1993. La diversidad de los encinos de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 54: 125-142.
- Hawley, RC; Smith, DM. 1972. *Silvicultura práctica*. Trad. de la 6a. ed. del Inglés por Jaime Terradas. Barcelona, ES. Editorial Omega. 544p.
- Hartshorn, G. 2002. Biogeografía de los bosques neotropicales. En: *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Guariguata M y Kattan G (comps.). Cartago, CR. LUR. Pg. 74.
- Holdridge, LR. 1954. Pine and other conifers. *Fourth World Forestry Congress (4<sup>o</sup>/1954, Dehra Dun, India)*. General Papers.
- Infostat. 2003. *InfoStat/Profesional Versión 1.6*. (En línea). Córdoba, AR, Universidad de Córdoba. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar/>
- INIFAP-SAGARPA. 2003. *Manual para la captura de datos de campo del inventario nacional de ecosistemas forestales 2000-2005*. (correo electrónico). México, D.F.
- Jardel, EJ. 1985. Una revisión crítica del método mexicano de ordenación de bosques desde el punto de vista de la ecología de poblaciones. *Ciencia Forestal* 10(58): 3-16.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido -. Eschborn, DE, GTZ. 335 p.
- Louman, B; Valerio, J; Jiménez W. 2001. Bases ecológicas. En: Louman, B.; Qurós, D.; Nilsson, M. eds. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, CR, CATIE. p. 21-78. (Informe Técnico No. 46).
- \_\_\_\_\_, B. 2001. *Sistemas silviculturales*. En: Louman, B.; Qurós, D.; Nilsson, M. eds. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, CR, CATIE. p. 21-78. (Informe Técnico No. 46).
- Magurran, A. 1988. *Diversidad ecológica y su medición*. (Traducción de Cirer, A.). Ediciones Vedral, Barcelona, ES. 197 p.
- Martínez, M. 1954. *Los encinos del estado de México*. Toluca, México, Gob. Del Edo. de Mex. 86 p.

- Melo, ME de. 1993. Efectos del aprovechamiento de un bosque húmedo tropical sobre el microambiente y su influencia en la regeneración de sitios perturbados. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 164 p.
- Medianero, E; Samaniego, M. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el Río Curundú, Panamá. (En línea). Folia Entomológica México, 43(3): 279-294. Consultado 3 de Noviembre. Disponible en: [http://www.ecología.edu.mx/folemtmex/documentos/FEM43\(3\)4.pdf](http://www.ecología.edu.mx/folemtmex/documentos/FEM43(3)4.pdf)
- Mirov, N T. 1967. The genus pinus. N.Y. The Ronald Press. 24. 24-191
- Montes, N A. 1995. Uso y manejo de los recurso naturales en la comunidad de Ixtlán de Juárez. Tesis Lic. Biol. D.F., México, IPN. 74 p.
- Mora, E; Rodríguez, FC. Estructura poblacional de regeneración natural Pinus montezumaede Lamb., en el ejido Los Romeros, Tulancingo, Hgo. Sin publicar.
- Moreno, C.2001. Métodos para medir la Biodiversidad. Zaragoza, Es., M&T-Manuales y Tesis SEA. v 1, 84p.
- Musálem, MA; Velásquez, A; González, MJ. 1991. Repoblación natural de bosques templados-fríos en la región central de México. Agrociencia serie Recursos Naturales Renovables 1(3): 55-75.
- Musálem, MA; Fierros, AM. 1996. Curso de silvicultura de bosques naturales. México, D.F. 1 disco compacto 8 mm. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Negreros, P; Snook, L. 1984. Análisis del efecto de la intensidad de corta sobre la regeneración natural de pinos en un bosque de pino-encino. Ciencia Forestal 9 (47): 48-61.
- Niembro, A. 1986. Mecanismo de reproducción sexual en pinos. D.F., México, Edit. Limusa. 130 p.
- Nixon, CK. 1993. The genus Quercus In México. In : Biological diversity of Mexico(Origins and distribution). Eds. Ramamoorthy, TP; Bye, R; Lot, A; Fa, J. New York, USA. Oxford University Press. Pg. 447-457.
- Oliver, CD; Larson, BC. 1990. Forest stand dynamics. USA. McGraw Hill. 467 pg.
- Øyen, HB; Nilsen, P. 2002. Growth effects after mountain forest selective cutting in southeast Norway. Forestry 75(4): 401-410.
- Park, DA. 2001. Environmental influences on post-harvest natural regeneration in Mexican pine-oak forests. Forest Ecology and Management 144: 213-228.
- Perry, JP Jr. 1991. The pines of Mexico and Central America. Portland, Oregon, US. Timber Press. Pg. 13-25, 205-207.
- Pineda, R; Sánchez, R. 1988. Efecto de a corta selectiva sobre la estructura de un bosque subtropical de pino-encino en Oaxaca, México. El Grullo, Jal., México, INIREB. 27 pg.

- Ramírez, MN; González, EM; García, ME. 1996. Establecimiento de *Pinus* spp. y *Quercus* spp. en matorrales y pastizales de Los Altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 30: 249-257.
- Rodríguez-Trejo, DA; Fulé, ZP. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland* 12: 23-37.
- Rzedowski, J. 1977. *Vegetación de México*. D.F., México, Edit. Limusa. 150 pg.
- Schoonmaker, P; McKee, A. 1988. Species composition and diversity during secondary succession of coniferous forests in the Western Cascade Mountains of Oregon. *Forest Science* 34(4): 960-979.
- Sheil, D; Van Heist, M. 2000. Ecology for tropical forest management. *International Forestry Review* 2(4): 261-269.
- Smartwood; CCMSS. 2004. Resumen público de certificación de Comunidad de Ixtlán De Juárez. (En línea). Consultado 28 de octubre de 2004. Disponible en: <http://www.rainforestalliance.org/programs/forestry/smartwood/pdfs/comunidad-ixtlan.pdf>.
- Smith, DM; Larson, BC; Kelty, MJ; Ashton, MS. 1997. *The practice of silviculture applied forest ecology*. John Wiley & sons, Inc. USA. 537 p.
- Spurr, SH; Barnes, BV. 1980. *Ecología forestal*. México, AGT editor. 690 p.
- Styles, BT. 1993. Genus *Pinus*: a mexican purview. In : *Biological diversity of Mexico(Origins and distribution)*. Eds. Ramamoorthy, TP; Bye, R; Lot, A; Fa, J. New York, USA. Oxford University Press. Pg. 397-416.
- Técnica Informática Aplicada S.A. (TIASA). 2003. Programa de manejo forestal para la comunidad de Ixtlán de Juárez, Oax. México. 231 p.
- Valerio, J; Salas, C. 1998. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales: manual técnico. 2 ed. Santa Cruz, BO, BOLFOR. 74 p.
- Van Lear, HD; Waldrop, T. 1991. Prescribed burning for regeneration. In Duryea, ML; Dougherty, MP. (eds.), *Forest regeneration manual*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers. p. 235-250.
- Zavala, F. 2001. Introducción a la ecología de a regeneración natural de encinos. Texcoco, México, UACH. 94 p.
- Zavala, F; García, E. 1998. Consideraciones sobre la dinámica de plántulas de encinos en La Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 4(1): 207-214.
- Wadsworth, F. 2000 *Producción forestal para América tropical*. Washington, D.C., USA, CATIE, IUFRO y Departamento de Agricultura de USA. 603 pg.

Wolfgang, T; Burgi, M; Scheidegger, C; Schutz, M. 2002. Dominance reduction of species through disturbance – a proposed management principle for central European forest. *Forest Ecology and Management* 166: 1-15.

WWF (World Wildlife Fund, MX). 2002. Oaxaca líder en conservación comunitaria en el mundo. Consultado el 10 de nov. 2005. Disponible en [http://www.wwf.org.mx/wwfmex/archivos/bm/021117\\_oaxacaLider.php](http://www.wwf.org.mx/wwfmex/archivos/bm/021117_oaxacaLider.php)

\_\_\_\_\_. 2004. Bosques Mexicanos. (En línea). Consultado 15 de nov. 2005. Disponible en [http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog\\_bosques.php](http://www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_bosques.php)

## **VIII. Anexos**

FAMILIA	ESPECIE	AP95Q	AP93	AP94	AP95	AP97	Testigo	S93	S94	S95	S97	S2001
BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BETULACEAE	<i>Alnus jorullensis</i>	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESCONOCIDA	Especie A	0	0	0	0	0	0	0	1.7	0	0	0
DESCONOCIDA	Especie B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9	0
DESCONOCIDA	Especie C	2.6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
ERICACEAE	<i>Arbutus xalapensis</i>	3.1	9.7	8.1	6.7	1.9	4.3	8.5	5.8	0	0	2.4
FAGACEAE	Encino	3.4	30.8	23.7	30.8	26.3	8	39.6	8.2	17.8	3.4	14.8
FAGACEAE	<i>Q. candicans</i>	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FAGACEAE	<i>Q. castanea</i>	0	3.1	1.9	0	1.8	2.9	1.5	0	0	0	0
FAGACEAE	<i>Q. crassifolia</i>	7.7	13.3	4.5	10.8	0	22.6	5.2	9.3	7.8	13.4	13.3
FAGACEAE	<i>Q. disciflora</i>	0	0	0	0	1.8	0	0	0	0	0	0
FAGACEAE	<i>Q. laurina</i>	0	0	0	0	38.2	0	0	0	0	0	2.8
FAGACEAE	<i>Q. obtusata</i>	4.4	8.5	14.1	0	0	3.9	6	15.9	3	2.6	3.2
FAGACEAE	<i>Q. peduncularis</i>	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	0	0
FAGACEAE	<i>Q. rugosa</i>	0	0	0	0	0	3.3	0	0	0	0	1.2
FAGACEAE	<i>Q. scytophylla</i>	0	0	0	6.6	0	3	2.8	0	15	0	1.6
FAGACEAE	<i>Q. splendens</i>	0	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0
LAURACEAE	<i>Litsea glaucescens</i>	0	0	0	0	5.5	0	0	0	0	3.5	0
PINACEAE	<i>P. ayacahuite</i>	0	0	0	0	2.7	0	0	0	0	17.3	2.4
PINACEAE	<i>P. douglasiana</i>	0	0	3.6	23.6	0	19.1	0	7.3	9.8	0	23.6
PINACEAE	<i>P. leiophylla</i>	0	10.7	7.4	0	0	1.6	3.1	0	0	0	0
PINACEAE	<i>P. oaxacana</i>	25.1	8.3	19.4	0	0	2.3	16.5	31.6	0	0	0
PINACEAE	<i>P. patula</i>	0	0	0	0	8.4	6.6	0	9.5	0	45.1	20.6
PINACEAE	<i>P. rudis</i>	0	0	0	0	9.7	0	0	0	0	7.3	8.6
PINACEAE	<i>P. teocote</i>	0	0	4	19.3	0	19.6	4.7	5	46.6	0	3
PINACEAE	Pino	44.9	14	13.3	0	0	2.8	7.1	3.6	0	3.3	1.3
ROSACEAE	<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	0	0	0	2.3	1.8	0	2.5	2.2	0	0	1.2

**Anexo 1.** Listado de especies y su índice de valor de importancia.