

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos
tratamientos silviculturales en la Comunidad de Capulálpam de
Méndez, Ixtlán, 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


Israel Hernández López

Turrialba, Costa Rica, 2007

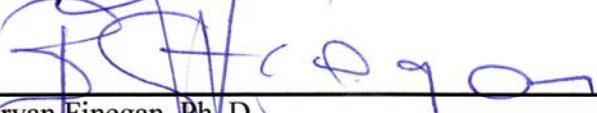
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

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

FIRMANTES:



Bastiaan Louman, M. Sc.
Consejero Principal



Bryan Finegan, Ph. D.
Miembro del Comité Consejero




Fernando Casanoves, Ph. D.
Miembro del Comité Consejero




Fernando Carrera, M. Sc.
Miembro del Comité Consejero



Joel Martínez, M. Sc.
Miembro del Comité Consejero



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



Israel Hernández López
Candidato

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo incondicional en todo momento para alcanzar la meta que me propuse.

A los habitantes de la Sierra Norte del Estado de Oaxaca, México., que han defendido sus recursos naturales aún poniendo en peligro sus vidas.

A los fundadores de La Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecas-Chinantecas, que con ejemplos predicán que se puede conservar produciendo.

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.

A la Dirección Técnica y Consejo de Administración de la Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapoteca-Chinanteca por su interés en la realización del estudio.

Al Comisariado de Bienes Comunales de Capulálpam de Méndez por su interés en que se establezcan las parcelas permanentes de monitoreo en el bosque bajo manejo forestal maderable.

A la Comisión Nacional Forestal de México por el financiamiento en la fase de campo del proyecto de transferencia y adopción de tecnología.

A Dr. Esteban Martínez Salas del Herbario Nacional, Universidad Autónoma de México (UNAM) por la identificación de las especies encontradas en el área de estudio.

A M. Mora y R. Medina por la identificación de especies de encino y bursera, del Herbario Nacional de la Universidad Autónoma de México (UNAM).

A M. C. Joel Martínez por sus sugerencias y aportes para mejorar el contenido del estudio.

A Dr. Fernando Casanoves por su apoyo en asesoría estadística.

A M. Sc. Diego Delgado por sus sugerencias en el manejo de datos de campo.

A Hugo Brenes por su apoyo en la organización de la base de datos y análisis de estadística descriptiva.

A M. C. Alejandra Acosta Ramos de la Universidad de la Sierra Juárez de Oaxaca por la identificación de las especies del género *Pinus*.

A Dr. Cristóbal Leyva por sus sugerencias para el establecimiento de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.

A los integrantes de las brigadas que apoyaron durante siete meses en campo.

A mi comité asesor de tesis por sus sugerencias y aportaciones.

A mis amigos y amigas de la promoción 2006-2007 por hacer más amena mi estancia en CATIE, en especial a la familia Pérez, familia Sosa, Genaro, Gesine, María Bianney, Romina, Henry, Noreen, Dianita, Jeimmy, Magda y a toda la familia de la comunidad Mexicana en CATIE.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VII
SUMMARY	IX
ÍNDICE DE CUADROS	XI
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XIII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XIII
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación del estudio	2
1.2 Objetivos del estudio.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis del estudio	4
2 MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1 Los cambios del bosque por causas humanas	5
2.1.1 Características ecológicas del género Pinus	8
2.1.2 Cambios en estructura y composición del bosque de pino-encino bajo tratamiento silvicultural.....	9
2.1.3 Importancia de la estructura y composición florística en la definición de tipos de bosques con enfoque de paisaje	12
2.1.4 Antecedentes en la adopción de dos tratamientos silviculturales de regeneración en el bosque de pino-encino en México.....	13
2.2 Importancia de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.....	18
2.2.1 Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo silvicultural en bosques de pino-encino en México	19
3 MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Descripción del área de estudio.....	21
3.1.1 Ubicación geográfica.....	21
3.1.2 Suelo	22
3.1.3 Clima	22
3.1.4 Tipo de bosque.....	23
3.1.5 Organización para la administración del bosque.....	23
3.1.6 Tratamientos silviculturales.....	24
3.2 Métodos estadísticos	26
3.2.1 Muestreo	26
3.2.1.1 Parcelas permanentes	26
3.2.1.2 Intensidad y distribución de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.....	27
3.2.1.3 Tamaño y forma de las parcelas permanentes.....	28
3.2.1.4 Ubicación de los árboles en las parcelas permanentes	30

	3.2.1.5 Variables evaluadas en las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.....	32
	3.3 Análisis de datos de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.....	33
4	RESULTADOS.....	36
	4.1 Determinación de la metodología adecuada para el análisis de la estructura y composición del bosque	36
	4.2 Determinación de tipos de bosques en las zonas bajo manejo forestal maderable	37
	4.3 Descripción de las áreas bajo estudio.....	38
	4.4 Descripción florística de los tipos de bosque.....	42
	4.5 Análisis estructural de los tres tipos de bosques	44
	4.5.1 Número total de individuos	44
	4.5.2 Diámetro y área basal	49
	4.6 Análisis de diversidad y riqueza.....	52
5	DISCUSION	57
	5.1 Aspectos generales	57
	5.2 Clasificación de los tipos de bosques en las áreas bajo manejo forestal.....	57
	5.3 Composición florística de los tres tipos de bosques.....	59
	5.4 Estructura de los tres tipos de bosques en áreas sometidas a dos tratamientos silviculturales de regeneración	62
	5.4.1 Número total de individuos	62
	5.4.1.1 Fustales	62
	5.4.1.2 Latizales.....	63
	5.4.1.3 Brinzales.....	64
	5.4.2 Diámetro y área basal	66
	5.4.2.1 Diámetro fustal.....	66
	5.4.2.2 Área basal fustal y latizal	67
	5.4.3 Riqueza de fustales	68
	5.4.4 Riqueza de latizales	70
	5.4.5 Riqueza de brinzales.....	71
	5.5 Diversidad de especies	73
	5.5.1 Diversidad fustales y latizales	73
6	CONCLUSIONES	75
7	RECOMENDACIONES	77
8	BIBLIOGRAFÍA.....	78

Hernández, I. 2007. Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales en la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México

RESUMEN

La planificación del manejo forestal para fines maderables requiere del conocimiento de los cambios en la estructura y composición del bosque después de una intervención silvicultural, para poder seleccionar métodos de manejo que obtengan los resultados deseados. Así mismo, el empleo de herramientas y técnicas que permitan monitorear la dinámica del bosque a través del tiempo es indispensable para una práctica de manejo forestal adaptativo. El presente trabajo está orientado a brindar esta información a los manejadores del bosque de la comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México y se llevó a cabo en su bosque en áreas intervenidas en diferentes años por corta de regeneración en grupos o tala rasa en escala pequeña, dejando árboles padres.

Se tomaron datos de composición, estructura y diversidad de la vegetación en 35 parcelas permanentes de medición (PPM), establecidas para este propósito. Por medio de un análisis de multivariado por conglomerados del Índice de Valor de Importancia ecológica (IVI) por especie se identificaron tres tipos de bosques. Un análisis de multivariado por componentes principales mostró que existe alguna relación de los bosques con algunas variables ambientales pero ésta fue débil y no suficiente para explicar la existencia de algún tipo de bosque.

Las especies indicadoras identificadas por medio de la prueba de Monte Carlo fueron, para el bosque sin aprovechamiento *Quercus ocoteaefolia*, *Symplocos coccinea* y *Quercus* aff. *Eugeniifolia*, aunque también *Pinus ayacuhuite* y otras especies tenían un IVI alto; para el bosque bajo aprovechamiento maderable fueron *Pinus patula* y *Pinus pseudostrobus*; y para el tercer tipo de bosque sin aprovechamiento fueron *Arbutus xalapensis*, *Quercus crassifolia* y *Quercus scytophylla*.

Basado en el análisis, se concluye que la comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México., cuenta con dos zonas de aprovechamiento forestal maderable con sus respectivos sistemas silviculturales, pero después de la aplicación de los tratamientos de regeneración se forma un solo tipo de bosque dominado por especies del género *Pinus*, con patrones de abundancia, área basal, composición florística y de regeneración diferentes a los dos tipos de bosques no intervenidos. Esta homogenización se debe por una parte por los tamaños de los claros formados por el aprovechamiento ya que son similares para ambas zonas y por otra parte se debe por la unificación de los criterios silviculturales en la implementación de los tratamientos intermedios.

Hernández, I. 2007. Changes in forest structure and composition after two silvicultural treatments in the Community of Capulálpam of Méndez, Ixtlán, Oaxaca, Mexico

SUMMARY

Planning of forest management for timber production requires the knowledge of the changes in forest structure and composition after silvicultural interventions to be able to select management methods that will achieve the desired results. Likewise, tools and techniques that allow the monitoring of forest dynamics over time are essential for the implementation of adaptive forest management. This study aims to provide this type of information to the forest managers of the Capulálpam of Méndez community, Ixtlán, Oaxaca, Mexico, and was undertaken in their forest, in areas intervened in different years through selective group harvesting and small scale clear felling leaving selected seed trees.

Data was taken on vegetation composition, structure and diversity in 35 permanent sample plots (PSP), established for that purpose. Through cluster analysis of the ecological Importance Value Index (IVI) per species three types of forests were identified. Principal component analysis showed a slight relationship of forest types with environmental variables but these were too weak to explain the existence of the different forest types.

The Monte Carlo test was used to identify indicator species for each forest type. These were for the forest without use *Quercus ocoteaefolia*, *Symplocos coccinea* and *Quercus aff. eugeniifolia*, although *Pinus ayacahuite* and some other species also had a high IVI; For the harvested forest these were *Pinus patula* and *Pinus pseudostrobus*; And for the third forest type also without use these species were *Arbutus xalapensis*, *Quercus crassifolia* and *Quercus scytophylla*.

Based on these analysis, it is concluded that the community of Capulálpam of Méndez, Ixtlán, Oaxaca, Mexico., has two areas apt for timber harvesting with their respective silvicultural systems, but after the application of the regeneration treatments a

single forest type is formed that is dominated by species of the genus *Pinus*. This type has abundance, basal area, floristic composition and natural regeneration patterns that differ from the two undisturbed forest types. This homogenización is partially due to the size of the gaps formed during harvesting since these are similar for both treatments, while on the other hand it is due to the unification of the silvicultural approaches during the intermediate treatments.

The two treatments regeneration silviculturales have relationship with the structure and composition of the forest in term of the patterns of abundance, basal area, composition florística, frequency and abundance of the regeneration, not being given a significant difference among the treatments silviculturales, but if with the not perturbed forest.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural (PPMS) bajo los tratamientos corta de regeneración de árboles padre (CRAP) y corta de regeneración selección en grupos (CRSG).	28
Cuadro 2. Variables a evaluar en las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.	33
Cuadro 3. Principales características de los tres tipos de bosques identificados en las áreas bajo manejo forestal de la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México.	38
Cuadro 4. Resultados del análisis discriminante canónico de las variables ambientales para la diferenciación de tipos de bosque en áreas bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.1 ha con $DN \geq 10$ cm.	40
Cuadro 5. Valores promedios y error estándar para las variables ambientales en relación con los tres tipos de bosques identificados en áreas bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.1 ha con $DN \geq 10$ cm.	40
Cuadro 6. Resultados del análisis discriminante canónico de las variables ambientales para la diferenciación de tipos de bosque en áreas bajo manejo forestal para especies forestales con individuos ≤ 9.9 cm y ≥ 2.5 cm de DN en parcelas con superficie de 0.04.	42
Cuadro 7. Análisis de las especies indicadoras para los tres tipos de bosques, estadísticamente significativas de la prueba de Monte Carlo para un $p \leq 0.05$ aplicados en parcelas de 0.1 ha con $DN \geq 10$ cm.	43
Cuadro 8. Promedios y error estándar del número de individuos (N/ha), para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	46
Cuadro 9. Promedios y error estándar de área basal (G/ha) de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	51
Cuadro 10. Promedios y error estándar del número de especies de fustales	53
Cuadro 11. Promedios y error estándar del número de especies de latizales.	54
Cuadro 12. Promedios y error estándar del número de especies de brinzales	55
Cuadro 13. Promedios y errores estándar para índices de diversidad de fustales.	56
Cuadro 14. Promedios y errores estándar para índices de diversidad de latizales.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Oaxaca, México.	21
Figura 2. Tamaño y forma de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.....	29
Figura 3. Mapa de distribución de parcelas permanentes de monitoreo silvicultural en zonas bajo manejo forestal maderable de la comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca.	32
Figura 4. Diámetro Normal de individuos de fustales \pm error estándar de parcelas permanentes establecidas en dos sistemas silviculturales de regeneración en diferentes años de intervención.	36
Figura 5. Dendrograma de análisis por conglomerados en parcelas de 0.1 ha con individuos de $DN \geq 10$ cm. .	37
Figura 6. Biplot obtenido mediante análisis de componentes principales de la relación que existe entre las variables ambientales y el tipo de bosque bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.1 ha con individuos de $DN \geq 10$ cm.	38
Figura 7. Biplot obtenido mediante análisis de componentes principales de la relación que existe entre las variables ambientales y el tipo de bosque bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.04 ha con individuos de ≤ 9.9 cm y ≥ 2.5 cm de DN.	41
Figura 8. Número total de individuos de fustales \pm error estándar para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	45
Figura 9. Número total de individuos por clase diamétrica de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	46
Figura 10. Número total de individuos de latizales \pm error estándar para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	47
Figura 11. Promedios y error estándar del número de individuos de latizales altos y latizales bajos para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.....	48
Figura 12. Número total de individuos de brinzales \pm error estándar para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	49
Figura 13. Diámetro \pm error estándar individuos de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	50
Figura 14. Área basal total \pm error estándar de individuos fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	50
Figura 15. Área basal por clase diamétrica de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	51
Figura 16. Área basal total \pm error estándar de latizales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	52
Figura 17. Promedios y error estándar del número de especies de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	53
Figura 18. Promedios y error estándar del número de especies de latizales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	54
Figura 19. Promedios y error estándar del número de especies de brinzales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.	55

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

- CLPA: Corta de liberación con preclareo.
- CRAP: Corta de regeneración de árboles padre variante del método de desarrollo silvícola (MDS).
- CRSG: Corta de regeneración de selección en grupo variante del método Mexicano de ordenación de bosques irregulares (MMOBI).
- CRTF: Corta de Regeneración de tala rasa en franjas variante del método de desarrollo silvícola (MDS).
- DN: Término utilizado en bosque de pino-encino para referirse al diámetro normal del árbol a la altura de 1.30 m.
- CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.
- FAPATUX: Fábricas de Papel Tuxtepec.
- FSC: Forest Stewardship Council.
- INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- MDS: Método de desarrollo silvícola.
- MMOBI: Método mexicano de ordenación de bosques irregulares.
- PPMS: Parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.
- SARH: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- UEEAFC: Unidad Económica Especializada de Aprovechamiento Forestal Comunal “San Mateo Capulálpam, Oaxaca, México.
- UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.
- UZACHI: Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecas-Chinantecas de la Sierra Juárez de Oaxaca.
- INE: Instituto Nacional de Ecología
- INFM: International Forest Model Network.
- IVI: Índice de valor de importancia ecológica
- msnm: Metros sobre el nivel del mar.

1 INTRODUCCIÓN

México cuenta con una superficie de 55.3 millones de has de bosques y selvas, del cual en 21.6 millones de has se realiza aprovechamiento comercial de productos maderables y no maderables (INEGI 2005). El estado de Oaxaca cuenta con una superficie total de 9.5 millones de has, de los cuales 5.1 millones de has corresponden a terrenos forestales en donde en su mayoría es de propiedad colectiva bajo el régimen de ejido o comunidad (SEMARNAT 2004). La zona se caracteriza por una marcada complejidad fisiográfica, geográfica y ecológica. En distintas regiones de este estado se encuentran representadas once de las provincias fisiográficas del país. Las sierras y lomeríos altos con pendientes mayores a 35° y alturas mayores a 1,500 msnm constituyen cerca de 70% de la superficie del estado. Los bosques templados cubren 2.7 millones de ha, donde se presentan asociaciones forestales de distintos tipos: bosques mesófilos de montaña, bosques de pino, bosques de pino–encino, bosques de encino–pino, bosques de encino y matorral de coníferas (Toledo y Ordóñez 1993).

A partir del año de 1982 la política de promoción de la silvicultura campesina tuvo expresiones particulares en distintos estados y en particular en Oaxaca. El gobierno estatal asumió la estrategia de promover la creación de organizaciones forestales regionales, que agrupaban a distintas comunidades campesinas, en torno a la prestación de los servicios técnicos forestales. Muchas comunidades hicieron sus propias organizaciones para asumir el aprovechamiento forestal, como es el caso de la Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapoteco-Chinanteca (UZACHI) (Merino 2004).

La UZACHI fue constituida en 1989 por tres comunidades indígenas Zapotecas y una comunidad indígena Chinanteca, con el propósito de obtener la concesión de los servicios técnicos forestales, realizar capacitación y formación de equipos técnicos en las comunidades, al igual que la planificación del manejo del bosque. En 1993 lograron la autorización oficial de los programas de manejo para las comunidades que integran dicha organización. Entre los años 1994 y 1996 se llevó a cabo la evaluación del manejo forestal en donde obtuvieron la certificación bajo los principios del Forest Stewardship Council (FSC) clave SW-FM/COC011

(Chapela 1997, Chapela y Lara 1999a, Chapela y Lara 1999b). Desde el año 1996 ha tenido varias actualizaciones vía auditorías anuales de la FSC en donde se monitorean las actividades de la operación de manejo forestal, para revisar el progreso de la operación hacia el cumplimiento de sus condiciones de certificación y para verificar si se continúa trabajando bajo los estándares de SmartWood (Smartwood 2006).

Las comunidades que integran la UZACHI practican el manejo forestal sostenible, lo cual se considera un sistema adaptativo acorde a las necesidades internas de cada comunidad sin comprometer la existencia del recurso forestal. Dentro de la zona correspondiente a producción forestal se está ejecutando un programa de manejo forestal comunitario que busca regenerar la masa forestal con las especies nativas de interés comercial. Las especies del género *Pinus* que se aprovechan son: *Pinus pseudostrobus*, *Pinus patula*, *Pinus ayacahuite*, y varias especies del género *Quercus* para el abastecimiento de las empresas de aserrío de cada una de las comunidades de la Organización (Chapela 1997).

La Dirección Técnica Forestal de la UZACHI ha intentado monitorear la dinámica del bosque bajo aprovechamiento forestal, en el año de 1994 en las cuatro comunidades socias de la organización estableció parcelas permanentes de monitoreo silvicultural. El objetivo principal fue analizar la dinámica del bosque después del aprovechamiento maderable. El cumplimiento de este objetivo no fue posible debido a que no se hicieron registros de datos después de las intervenciones silviculturales, por lo que no es posible conocer la dinámica del bosque bajo manejo forestal.

1.1 Justificación del estudio

La dirección técnica forestal de la UZACHI considera importante que las cuatro comunidades integrantes de la organización deben seguir adecuando el manejo forestal adaptativo, por lo que ha decidido implementar un programa de monitoreo silvicultural, esta decisión ha sido aprobada en la asamblea general de delegados de la organización, por lo que se iniciará con el primer estudio de estructura y composición del bosque bajo manejo forestal en la comunidad de Capulálpam, Ixtlán, Oaxaca, México por contar con el financiamiento

económico por la Comisión Nacional Forestal para la fase de campo más aportación propia de la comunidad y en el futuro extender este tipo de estudio a las demás comunidades de la organización.

Mediante este estudio se cumplirá con varios requerimientos de las normas y reglamentos de la legislación forestal Mexicana en materia de manejo forestal. Además se cumplirá principalmente con las condicionantes 7, 16 y 17, al igual que las solicitudes de acciones correctivas 5-05 emitidas por la FSC en la auditoria anual del año 2006 y ratificada en 2007 en donde menciona que se debe mantener un sistema de monitoreo silvícola, social y económico para identificar y dar seguimiento a los impactos del aprovechamiento sobre el bosque y las comunidades locales (Smartwood 2006, Smartwood 2007).

1.2 Objetivos del estudio

1.2.1 Objetivo General

Conocer el estado actual de la estructura y composición del bosque de pino-encino en áreas sometidas a dos tratamientos silviculturales de regeneración en la comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México.

1.2.2 Objetivos específicos

Objetivo 1. Caracterizar la estructura y composición de dos tipos de bosques de pino-encino después de la aplicación de un tratamiento silvicultural en cada uno: el primero es corta de regeneración de árboles padre y el segundo corta de regeneración de selección en grupos.

Objetivo 2. Caracterizar los cambios en la estructura y composición del bosque de pino-encino después de la aplicación de 2 tratamientos silviculturales en dos tipos de sitios, considerando el tiempo después de la intervención.

Objetivo 3. Evaluar la regeneración del bosque en término de frecuencia y abundancia después de la aplicación de 2 tratamientos silviculturales en dos tipos de sitios.

Objetivo 4. Establecer una línea base para el monitoreo de la dinámica del bosque bajo diferentes tratamientos silviculturales para la elaboración de un programa de manejo forestal adaptativo para el aprovechamiento maderable sostenible.

1.3 Hipótesis del estudio

Los dos tratamientos silviculturales tienen relación con la estructura y composición del bosque en términos de los patrones de abundancia, área basal, composición florística, frecuencia y abundancia de la regeneración, dándose una diferencia significativa entre los tratamientos silviculturales de regeneración entre sí y con el bosque no perturbado.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Los cambios del bosque por causas humanas

Las alteraciones que ocurren en los ecosistemas por causas antropogénicas, pueden ser irreversibles o persistentes por periodos prolongados (Foster 1993). Algunos de los cambios pueden percibirse como positivos, ya que favorecen a especies utilizadas como recursos, o crean condiciones favorables para los seres humanos. Sin embargo en otros casos, los cambios introducidos por causas humanas directas o indirectas, pueden afectar la calidad ambiental así como las opciones futuras de manejo (Detwyler 1971). Algunos de los factores de perturbación antropogénica incluyen incendios forestales, desmontes agropecuarios, pastoreo, explotación forestal, alteración del régimen hidrológico por las obras hidráulicas, emisiones de contaminantes a la atmósfera, el agua y los suelos. Incluso algunos factores que se consideran positivos, como la supresión de incendios y el control de inundaciones, generan regimenes de perturbación (Jardel 1992).

En México la degradación de los bosques en lo que corresponde al manejo forestal, ha sido principalmente por la mala aplicación del manejo forestal maderable en donde ha sido muy selectivo sobre las mejores especies de árboles y los mejores individuos lo que ha ocasionado un cambio en la composición, estructura y la función del bosque (Fregoso *et al.* 2001). En los estados de Oaxaca, Michoacán y Durango cuentan con bosques de pino-encino deteriorados debido al mal manejo forestal aplicados entre los años de 1970 y 1980 (Reyes y Martínez 2002). Durante los últimos 10 años, el manejo forestal se ha ido mejorando en cuanto a la aplicación de criterios ambientales aunque sigue siendo una pequeña proporción de todos los bosques aprovechados (Jardel y Sanchez 1984, Maser *et al.* 1998).

El aislamiento de las áreas remanentes, causado por el aprovechamiento forestal maderable sin un manejo adecuado tiene consecuencias para la biota y éstas varían con el tiempo, desde el momento del aislamiento, la distancia hasta los otros remanentes, el grado de conexión entre los remanentes (Saunders *et al.* 1991). El aprovechamiento forestal afecta la composición del bosque en cuanto a su estructura y biodiversidad, creando condiciones de

desarrollo para especies de mayor importancia económica y disminuyendo la proporción de especies de importancia ecológica por tener menor valor económico (Quevedo 1986). El aprovechamiento forestal se considera como una de las primeras prácticas silviculturales con propósitos de manejar el bosque, y que además de proveer ingresos económicos, influye en el dinamismo del ecosistema a través de la apertura en el dosel (Valerio 1995).

Una de las preocupaciones del manejo forestal es que todas las actividades de aprovechamiento deben tener un balance entre la economía y la ecología. Con respecto a este último es necesario conocer la capacidad que tiene para soportar los cambios sin modificarse. Éstas consideraciones de sostenibilidad son muy recientes, anteriormente fue orientado exclusivamente en generación de beneficios económicos (Louman y De Camino 2004). Con la desaparición de individuos de tamaño comercial de especies valiosas como la caoba (*Swietenia macrophylla*), empezó a quedar claro que aunque la estructura del bosque en general se puede recuperar en un tiempo relativamente largo después de un aprovechamiento no planificado, la composición florística no necesariamente va a ser la misma (Ramos 2004).

Así mismo es imprescindible conocer como afectan las diferentes perturbaciones a la estructura del bosque y a su capacidad de regeneración. Como evoluciona la sucesión primaria en bosques vírgenes o poco modificados y como avanza la sucesión secundaria una vez que la cubierta original ha sido fuertemente modificada o directamente eliminada por causas antrópicas (Foster 1993). Desde la perspectiva del manejo de recursos naturales, considerando integralmente los aspectos de producción, conservación y restauración, es fundamental entender la respuesta de los ecosistemas a las perturbaciones, así como detectar el cambio en el estado de los sistemas ecológicos a diferentes escalas espaciales y temporales, por lo cual el enfoque de investigación ecológica de largo plazo y de observación continua es esencial. De hecho la mayor parte del conocimiento actual sobre el efecto de perturbaciones en la dinámica de los ecosistemas, se deriva de estudios de sitios de investigación ecológica de largo plazo (Foster 1993, Turner *et al.* 1997, Dale *et al.* 2001, Symstad *et al.* 2003).

Los retos que actualmente enfrentan las personas que administran los recursos naturales son complejos debido al desequilibrio cada vez mayor entre el aumento de la

población y la disponibilidad de los recursos para sustentar ese crecimiento y demanda. Esta situación ocasionó que en años anteriores se buscaran soluciones mediante alternativas para un desarrollo sostenible. Esas iniciativas pusieron en marcha una serie de procesos en el sector forestal y no es de sorprender que varios de los nuevos enfoques que surgieron revelaran un pensamiento similar sobre la sostenibilidad de los recursos naturales (IFMN 2003). El futuro de una proporción importante de la biodiversidad tropical depende de la forma en que se manejan los bosques para producción. Pocos estudios han enfocado los efectos del manejo sobre la biodiversidad del bosque, entre los aspectos a considerar están la riqueza de especies principalmente no arbóreas de sotobosque (diversidad alfa) y las variaciones florísticas que ocurren a escala local por el establecimiento de gradientes de perturbación dentro del bosque (diversidad beta). Se tiene que tomar en cuenta además, que el grado de perturbación encontrado en un bosque manejado es muy diferente al que se presenta en un bosque sujeto solo a perturbaciones naturales (Delgado *et al.* 1997).

En los bosques protegidos tanto como en los bosques manejados con fines de producción, se deben conocer cuales son los procesos que corresponden a cambios naturales y cuales son procesos de los ecosistemas que corresponde a cambios de origen antropogénico, éstos constituyen aspectos claves para la toma de decisiones de manejo forestal con criterios de conservación (Bratton *et al.* 1980, Romme 1982, Agee y Huff 1985, Jardel 1992, Wagner y Kay 1993). Para el desarrollo de prácticas adecuadas de manejo y conservación, se requiere de estudios de referencia que permitan la interpretación de la influencia de factores de perturbación (Allen y Hoekstra 1994). Así, los sitios de investigación ecológica de largo plazo son necesarios como áreas de referencia y experimentación sobre patrones y procesos ecológicos que cumplen una importante función al contribuir con el desarrollo de una base conceptual más sólida para la gestión del ambiente y los recursos naturales. Esto es particularmente útil en la planificación del manejo del bosque en donde se requiere la identificación de patrones y procesos que son consecuencias de perturbaciones naturales o antropogénicas o una combinación de ambas (Jardel 1992).

2.1.1 Características ecológicas del género Pinus

México presenta una riqueza florística tal que lo ha situado entre los primeros lugares en el mundo, en cuanto a diversidad de plantas se refiere. Aunque no existen inventarios de la flora para todo el territorio nacional, se estima una probable presencia de 30,000 especies de plantas, cantidad que puede ser superada cuando se describan especies no descubiertas en áreas aún inexploradas del país (Rzedowski 1978, 1991). Hay diversos aspectos que ayudan a explicar la vasta riqueza florística de México. Su ubicación geográfica entre el norte y el sur del continente americano, su geología de grandes sucesos paleo-históricos, su relieve irregular dominado por accidentes topográficos, sus variados tipos de suelo y sus múltiples climas hacen que la excepcional diversidad, la variedad y la abundancia de especies en general (Ramamoorthy *et al.* 1993). En México existen hasta 70 especies y subespecies del género *Pinus*. México es el mayor centro de diversidad mundial de *Pinus*, más del 50% de las 90 a 120 especies que habitan en el mundo (Eguiluz 1982, Meave 1990, Santiago y Jardel 1993). Las coníferas prosperan en México prácticamente sobre todas las clases de roca madre existente, pero las de tipo volcánico son particularmente favorables, no así las sedimentarias marinas, de lo cual resulta su distribución un tanto asimétrica, pues abundan mucho más en la Sierra Madre Occidental y en el eje Neovolcánico que en la Sierra Madre Oriental (Rzedowski *et al.* 1977).

Rzedowski *et al.* (1977) concluyen que las coníferas existieron en México desde el paleozoico y al menos desde fines del Mesozoico deben haber formado bosques en el territorio mexicano, cuya composición y extensión variaron mucho a lo largo de las épocas geológicas. En la actualidad existen en la república Mexicana diversos bosques de coníferas que sin duda constituyen comunidades clímax, mientras que otros parecen corresponder a comunidades secundarias, favorecidas principalmente por el fuego, el pastoreo y el desmonte. Al parecer, algunos bosques dominados por la misma especie, pueden comportarse como estables en una región, mientras que en otras partes constituyen una fase sucesional. Para el correcto aprovechamiento y manejo de los bosques mexicanos de coníferas, es de fundamental importancia conocer las tendencias y los mecanismos de su dinámica y en tal sentido conviene encaminar el esfuerzo de investigaciones futuras.

En México, los bosques con dominancia de *Pinus*, o en asociaciones con *Quercus*, se distribuyen en regiones con climas templados y fríos, lluviosos o subhúmedos, con lluvias en verano y una estación seca bien definida en invierno y primavera, con temperatura anual de 10-20 °C y precipitación entre 500 y >2,000 mm al año, las asociaciones con predominio de especies de *Pinus* se encuentran mas ampliamente distribuidas entre 500 y 3000 msnm (Rzedowski 1978, Richardson 1998), únicamente en los estados tropicales de Tabasco, Campeche y Yucatán no se encuentran en forma natural (Favela 1998).

Las asociaciones y tipos de vegetación en que se encuentran son varios, acotándose entre los siguiente tipos: bosque de *Pinus*, bosque de *Pinus* y *Quercus*, bosque de *Abies*, bosque de *Cupressus* y *Juniperus* o bosque de escuamifolios y el de bosque mesófilo de montaña, donde se encuentran representadas en agrupaciones mixtas, por una o mas especies en diferentes grados de abundancia-dominancia (Miranda y Hernández 1963). Desde el punto de vista cuantitativo, el género *Pinus* es más abundante en México que todas las demás gimnospermas juntas y las superficies arboladas en que interviene constituyen más del 90% del área de los bosques de coníferas del país (Rzedowski *et al.* 1977).

2.1.2 Cambios en estructura y composición del bosque de pino-encino bajo tratamiento silvicultural

Hoy en día existe el interés generalizado de que el manejo forestal debe ser sustentable, basado en resultados de investigación validados, aplicado conforme a estándares ambientales aceptables y ser transparente ante la sociedad. Estos objetivos se pueden alcanzar si: a) se evalúa una variedad de opciones forestales, b) se demuestra el manejo de manera comprensible en el campo y c) se registran y evalúan continuamente las actividades de manejo. Un sistema práctico para el manejo forestal científico debe basarse en tres elementos que son: diseño de opciones, parcelas demostrativas y análisis de los cambios registrados (Gadow *et al.* 2004).

Para el análisis de cambios en la vegetación es importante definir un procedimiento aplicable a los ecosistemas mixtos de pino-encino, mediante sitios de muestreo se pueden

definir la frecuencia, el índice de diferenciación diamétrica y de altura, así como el índice porcentual de mezcla de especies (Jiménez *et al.* 1991). Por ejemplo Jiménez *et al.* (2001) definieron un procedimiento para conocer la dinámica de la vegetación arbórea en ecosistemas mixtos de pino-encino. Mediante sitios de muestreo definieron la frecuencia, el índice de diferenciación diamétrica y de altura, así como el índice porcentual de mezcla de especies. El estudio fue dirigido para la población y para las especies arbóreas. Para evaluar el índice de distribución vertical de especies, utilizaron la altura total de los individuos, realizando una distribución en tres estratos. Los resultados indican que *Pinus pseudostrobus* tiene mayor presencia en el ecosistema pino-encino, seguido de *Quercus rysophylla* y *Juniperus flaccida*. De acuerdo con el índice de mezcla de especies, este ecosistema es un bosque irregular, dado que más de 50% de los individuos son de otras especies. El índice de distribución vertical de especies describe la existencia de 11 especies arbóreas en tres estratos de acuerdo a la altura, *Pinus pseudostrobus* destaca por estar presente en los tres estratos definidos y en mayor proporción.

La estructura horizontal es el arreglo de las comunidades vegetales en una superficie determinada a lo largo de un gradiente horizontal (INE 1994). Desde el punto de vista de la silvicultura, la medida más importante de la organización horizontal es el área basal, se calcula como el área de un círculo de diámetro igual al diámetro a 1.30 m del árbol (Louman *et al.* 2001).

El bosque en su desarrollo natural tiene la capacidad de regenerarse por sí solo. Sin embargo, esto toma más tiempo comparado con la intervención del hombre mediante técnicas de manejo silvícola (Chacón *et al.* 1998). El crecimiento de los árboles individuales está influenciado por sus características genéticas y su interrelación con el ambiente (factores climáticos y de suelo, y características topográficas, cuya suma representa la calidad de sitio (Prodan *et al.* 1997). Las variables dasométricas del árbol que se modifican son: altura, diámetro, área basal y volumen. La altura es la variable que presenta mayor crecimiento en mejores calidades de estación (Hocker 1984). En la mayoría de las especies del género *Pinus* su tendencia de crecimiento en diámetro es aún mayor al tener mayores espacios y presencia de luz (Klepac 1976). El área basal está parcialmente controlada por factores genéticos, pero

cambia también con la influencia de los componentes bióticos, físicos y químicos del ambiente; a medida que el número de árboles aumenta por hectárea el área basal total tiende a aumentar, pero disminuye individualmente (Daniel *et al.* 1982). El incremento en volumen del árbol depende del crecimiento en altura y diámetro, y del grado de conicidad, la variación en el grado de crecimiento de cada lugar provoca que la especie presente variaciones en el volumen, también depende el número de árboles por unidad de área (Klepac 1976, Spurr y Barnes 1982, Ramírez y Zepeda 1994).

Para un adecuado manejo forestal es necesario contar con el conocimiento de la dinámica de crecimiento de los recursos forestales, la productividad del sitio, así como la respuesta de la especie de interés a los factores del medio ambiente, con esto se pueden hacer planes de manejo forestal acordes a la capacidad productiva de los bosques, además de que todo plan de manejo normativo debe incluir un sistema de clasificación productiva de los rodales (González 1997). Al no clasificar la productividad del bosque se corre el riesgo de que los sitios con baja productividad se excedan en aprovechamiento y sitios con alta productividad se desaprovechen (Aguilar 1997). Los modelos de manejo forestal de manera general con especies del género *Pinus* en Guatemala, para diferentes calidades de sitio, muestran que en sitios de calidad I, el volumen de extracción de madera alcanza por ha es de 21 m³ en trozas de 20-33 cm de diámetro, 69 m³ de postes de 10-15 cm, 82 m³ de trozas de 15-23 cm, 215 m³ de trozas de 20-30 cm y 294 m³, con un turno de rotación técnica de 48 años (Montesinos 1995).

Vaides (2004) realizó un estudio en Guatemala con teca (*Tectona grandis*) en donde realizó 4 clasificaciones de acuerdo a su productividad mediante el índice de sitio (bajo, medio, alto y excelente) a una edad base de 10 años, de igual manera logró generar modelos de predicción de sitio a partir de variables fisiográficas, climáticas y de suelo.

2.1.3 Importancia de la estructura y composición florística en la definición de tipos de bosques con enfoque de paisaje

El enfoque de paisaje sirve como base para el desarrollo de esquemas de manejo integral del bosque (Velázquez *et al.* 2001). Este enfoque parte de la concepción de unidades integrales que conjunta los diversos componentes de un ecosistema (Mummery *et al.* 1999). Incluye la estructura, composición y funcionamiento, lo que permite predecir la dinámica del sistema, el enfoque se basa en la regionalización del territorio en unidades de paisaje (Farina 1998). El enfoque se basa en la regionalización del territorio en unidades de paisaje (Mummery *et al.* 1999). La unidad del paisaje se define como la mínima unidad cartografiable homogénea que permite notar espacialmente los componentes de un ecosistema de manera funcional y estructural (Palik y Engstrom 1999).

Ramos (2004) en su estudio en estructura y composición del bosque en el Corredor Biológico San Juan–La Selva, Costa Rica., encontró tres tipos de bosques primarios de tierras bajas: 1) bosque de *Pentaclethra maculosa* – palmas; 2) bosque de *Qualea paraensis* – *Vochysia ferruginea* – *Couma macrocarpa*; y 3) *P. maculosa* – *Carapa guianensis*, en donde el número de individuos y área basal para árboles presentaron diferencias estadísticas entre los tipos de bosque 1 y el bosque 3 no mostraron diferencias en el número de árboles total, en cambio, el bosque 2 difirió de ellos teniendo la menor cantidad de individuos por hectárea. En el caso del área basal total, el bosque 1 no difirió del bosque 2, pero el bosque 3 sí mostró diferencias con ellos, teniendo este último los valores más altos.

En la Zona Norte de Costa Rica Gallo (1999) realizó un trabajo de identificación de tipos de bosques primarios en la Zona Norte Central de Costa Rica, para esto utilizó datos de campo provenientes de inventarios forestales y parcelas permanentes de muestreo colectados por diferentes instituciones de la región y también empleó datos de sensores remotos (Imágenes Landsat TM). Los siete tipos de bosques encontrados a nivel de paisaje y posibles de diferenciar por su composición florística, fueron agrupados en cuatro clases, ya que en un análisis preliminar de las características espectrales de la imagen se determinó que algunos tipos de bosques no presentaban diferencias espectrales entre ellos. Las clases formadas fue

con base a la composición de los bosques, los tipos de bosques fueron unidos con mayor similitud florística.

Estos estudios muestran que la composición y estructura de un bosque son atributos importantes que permiten caracterizar los diferentes tipos de bosques.

2.1.4 Antecedentes en la adopción de dos tratamientos silviculturales de regeneración en el bosque de pino-encino en México

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de México (SEMARNAT 2003a) define el manejo forestal como el proceso que comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación, el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos forestales de un ecosistema forestal, considerando los principios ecológicos, respetando la integridad, funcionalidad e interdependencia de los recursos y sin que merme la capacidad productiva de los ecosistemas y los recursos existentes.

Los cambios hacia sistemas silviculturales más apropiados y eficientes para la producción de pino no han sido los únicos. Se han incorporado también algunos criterios de conservación (Chapela y Lara 1999a). La planificación comunitaria del uso del suelo ha permitido además establecer áreas de conservación para la protección de cuencas y el mantenimiento de la biodiversidad. Las áreas de bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia han sido segregadas como áreas de conservación, protegidas a largo plazo, o de reserva de recursos, en las cuales no habrá un aprovechamiento en tanto no se cuente con técnicas apropiadas para hacerlo, y se ha comenzado a experimentar con otras alternativas como la extracción controlada de recursos forestales no maderables (UZACHI 2003b).

En el año 1944 México empezó a implementar el manejo forestal de pino-encino bajo el sistema silvícola Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM), que en teoría consistía en la conversión de bosques con bajo crecimiento por tener individuos seniles y mal conformados a bosques de alta productividad conformado por individuos jóvenes (DGAF

1984). Este método establecía un diámetro mínimo de corta de 40 cm de diámetro normal (DN), por lo que los encargados del aprovechamiento forestal actuaron de manera tendenciosa al aprovechar casi en la totalidad del arbolado adulto, dejando en pie árboles inferiores a 40 cm de DN y mal conformados, esto ocasionó el empobrecimiento de los rodales forestales (Torres 2000). En 1958 a nivel nacional más del 50% de las áreas bajo explotación forestal se encontraban vedadas debido al fuerte desacuerdo de los científicos y sociedad conservacionista por la forma que se estaba deteriorando el bosque (DGAF 1984). Por los años de 1970 el sistema silvícola Método Mexicano de Ordenación de Bosques (MMOM) evolucionó a Método Mexicano de Ordenación de Bosques irregulares (MMOBI), cuya modificación fue el establecimiento de una estructura meta por rodal, mediante el uso de la curva de Liuquort que trata básicamente de captar el máximo potencial productivo y obtener un rendimiento sostenido de volumen (Merino 2004).

En 1975 México inició con el sistema silvicultural Método de Desarrollo Silvícola (MDS) considerado como una silvicultura diversificada basada en el reconocimiento de la variedad de condiciones del bosque, caracterizado por la aplicación de diversos tratamientos en un mismo predio, utilizando principalmente el método de regeneración de árboles padre con cortas intermedias tales como: cortas de liberación y aclareos (Chapela 1999b).

El método de desarrollo silvícola (MDS) presenta una alternativa de ordenación forestal para bosques de clima templado y frío, cuya caracterización con fines de aprovechamiento maderable es la siguiente: Captar al máximo el potencial productivo del suelo a través del uso de técnicas silvícolas adecuadas para cada condición del bosque y programados dentro de un plan de aprovechamiento. Lograr un rendimiento sostenido en cada intervención programada, obtener igual volumen y distribución de productos. El rendimiento sostenido se pretende alcanzar a través del concepto de bosque normal regular (SARH 1984).

Chapela y Lara (1999b) en sus análisis mencionan que para las comunidades de la UZACHI el manejo a través de la corta selectiva tuvo efectos negativos sobre las existencias de madera de pino, la productividad y el valor de los bosques de la Sierra Juárez. Cuando la empresa de FAPATUX inició sus operaciones con capital canadiense, el volumen medio por

hectárea era de 250 m³ y los incrementos medios anuales de 6.3 m³/ha. En un segundo inventario forestal en 1968, cuando la empresa era ya del gobierno Mexicano, el volumen fue de 200 m³ en promedio, con incrementos de 4.0 m³/ha/año. Diez años después las cifras eran respectivamente 140 m³ y 2.3 m³/ha/año. Para 1988, ya estando el bosque en manos de las empresas comunales, las existencias volumétricas se habían reducido a una media de 91 m³/ha y la productividad a 1.3 m³/ha/año. Si a mediados de los setenta los bosques de las cuatro comunidades valían unos 172.6 millones de pesos, para mediados de los noventa su valor era de 149.3 millones de pesos, esto es, una pérdida de 23.3 millones de pesos en 18 años, a una tasa de 1.2 millones de pesos anuales.

Dadas a las condiciones dasonómicas de las comunidades que integran la UZACHI las áreas forestales de pino-encino actualmente se encuentran bajo dos sistemas silviculturales: el primero corresponde a la generación de un bosque regular bajo las prescripciones del Método de Desarrollo Silvícola (MDS) en donde se aplica la corta de regeneración de árboles padre hasta el año 2002 y a partir del año de 2003 se aplica una variante que es el tratamiento de tala rasa en franjas. El segundo corresponde al sistema silvicultural Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) con la corta de regeneración selección en grupos para áreas con limitaciones físicas, ecológicas y dasométricas, utilizando una menor intensidad de corta (UZACHI 2003a). Para ambos sistemas silviculturales se llevan a cabo los beneficios de monte alto para el género *Pinus* y de monte bajo para el género *Quercus*. Además, se complementa con reforestaciones de especies del género *Pinus* provenientes de los viveros de cada comunidad (Valencia y Vargas 1994).

La corta de regeneración selección en grupos se aplica en áreas de intervención de baja intensidad en el bosque templado húmedo, en donde se desarrollan las poblaciones de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus ayacahuite* y tienen antecedentes de explotación forestal mediante cortas selectivas que datan de hace 15 a 25 años (Hawley y Smith 1972, Daniel *et al.* 1982, Mas y Pahuá 1989, Musalem y Fierros 1996, Ramírez 2005). En estas áreas la regeneración natural de pino es muy baja y el desarrollo es lento. Sin embargo, se encuentran bosquetes con individuos de gran diámetro y con madera madura de alta densidad, que son muy apreciados por la industria del triplay. Con el objeto de mantener la producción de madera dura se está

aprovechando por tiempo indefinido las ventajas comerciales que ofrece el nicho de la madera para triplay. Para maderas duras de especies que corresponden a latifoliadas se aplica el aprovechamiento más conservador considerado de baja intensidad, a través de cortas de regeneración de selección en grupos con superficies de 0.3 a 0.75 has (UZACHI 2003b). La corta de regeneración tala rasa en franjas se aplica en áreas de silvicultura intensiva mediante cortas en franjas de 0.5 a 1.50 ha según permitan las condiciones físicas del terreno. En este tipo de franjas puede aprovecharse el bosque adyacente como semillero. La justificación de la sustitución de este método por el método de árboles padre se da en el sentido de que existen áreas con limitaciones físicas y ecológicas bien marcadas como arroyos o cambios de pendientes, donde no es posible abrir claros demasiado grandes ya que el impacto por el aprovechamiento sería mayor. Además dificulta los tratamientos silviculturales intermedios como lo contempla el método de árboles padre. Sin embargo, se pueden abrir franjas en áreas con bajas pendientes y paralelas a la dirección de los arroyos dejando franjas vegetación como protección (UZACHI 2003b).

La corta de selección en grupos aún sigue siendo cuestionado para las comunidades que integran la UZACHI ya que el desarrollo en altura de las especies del género *Pinus* después de 14 años de haber sido aplicado presenta muy bajo desarrollo debido a que los claros formados por el aprovechamiento son tan pequeños que los árboles residuales adyacentes ocasionan sombra (UZACHI 2003a). Jardel y Sanchez (1984) mencionan que en la mayoría de las especies del género *Pinus* se caracterizan por demandar grandes cantidades de luz, por lo que en áreas expuestas a menores cantidades de luz el desarrollo en diámetro y altura es menor.

También han surgido problemas en el método de árboles padre en superficies muy pequeñas debido a que ocasionan sombra dentro de los claros por lo que se presenta un desarrollo lento para las especies del género *Pinus*. Para mejorar el crecimiento de la regeneración es necesario eliminar los árboles padre una vez que hayan cumplido con su función, durante esta operación en muchas de las ocasiones resulta muy afectada la regeneración. En claros suficientemente amplios en donde existen pocos árboles remanentes después de la aplicación de árboles padre las especies del género *Pinus* presentan buen

desarrollo en diámetro y altura (Oliver y Larson 1990). Jardel (1991) en su estudio sobre el desarrollo de la regeneración natural en un bosque mesófilo en Jalisco, México., encontró que en áreas perturbadas en superficies pequeñas dominado en mayor proporción de latifoliadas y en menor proporción de pino la tendencia fue un mejor desarrollo de las especies de latifoliadas, resultó evidente la ventaja de las latifoliadas debido a que son mas tolerantes a la sombra en comparación con las especies del género *Pinus*.

En zonas donde se practican los métodos de regeneración de árboles padre y el método de selección en grupos es necesario monitorear las respuestas de las especies del género *Pinus* para poder determinar su desarrollo y al mismo tiempo realizar adecuaciones en los tratamientos silviculturales de regeneración de tal manera que resulte viable en aspectos económicos y ecológicos para los dueños de los bosques (Oliver y Larson 1990).

Los aclareos son aquellas cortas preparatorias o de cultivo del bosque durante el periodo de tiempo previo a la corta de regeneración. Consiste en remover algunos árboles de la masa forestal con clase de desarrollo deficiente para proporcionar a los árboles que quedan en pie mejores condiciones de crecimiento, tratando de mejorar la calidad del volumen residual y permitiendo la obtención de productos intermedios que contribuyen a la producción total que se tiene del bosque con una intervención programada (UZACHI 1993). Es necesario mencionar que al aplicar éste tratamiento se tiene que utilizar el criterio sobre el tipo de arbolado y volumen para ir conduciendo el bosque hacia la regularización para llegar al rendimiento sostenible (UZACHI 2003a).

Márquez *et al.* (1995) realizaron un estudio para determinar una guía para el manejo de la densidad de *Pinus cooperi var ornelasi* en el estado de Durango, México. Utilizaron una metodología basada en la evaluación de la densidad de árboles de diferentes clasificaciones de copa (Dominantes, intermedios, y suprimidos) para lo cual evaluaron 46 árboles por cada clasificación elegidos por tener una ocupación completa y en algunos de ellos árboles suprimidos de edades de 40 años. La línea de cierre de copas se realizó siguiendo el índice de densidad de Reineke (IDRR) con un diámetro normal de referencia de 25 cm. Encontraron que la línea de árboles dominantes a un IDRR de 658, los intermedios a 720 y los suprimidos a un

IDRR de 1,007. Estas líneas determinan posibles rangos de densidad en los cuales un rodal de *Pinus cooperi* de igual edad pueden ser manejados. La metodología que estos autores emplearon y sus hallazgos en el presente estudio ofrecieron resultados similares a los encontrados para otras especies de pinos en México (Becerra 1986). La importancia de estos tipos de estudios es que nos proporcionan conocimiento de la forma en que se desarrollan los árboles de acuerdo a su clasificación de copa y su relación con los números de árboles para poder asignar el número de árboles residuales en los aclareos (Zepeda y Villarreal 1987).

2.2 Importancia de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural

Las observaciones en parcelas permanentes representan una base de datos muy importante para desarrollar modelos de crecimiento. Durante un largo período se registran en las mismas los cambios cuantitativos y cualitativos de los atributos de los árboles. De esta manera las observaciones obtenidas permiten la construcción de un modelo de crecimiento para un conjunto de condiciones dado. Muchas tablas de producción se construyeron con base en datos obtenidos en parcelas permanentes de edades conocidas. Una desventaja del diseño de parcelas permanentes es el elevado costo del establecimiento y la larga espera por los datos (Gadow *et al.* 2004).

Las parcelas temporales pueden proporcionar una rápida solución en situaciones donde no existen datos sobre el desarrollo forestal. Estas parcelas se miden sólo una vez pero cubren un amplio rango de edades aproximadas que se determinan mediante la extracción de virutas con el apoyo del taladro de Pressler y las edades aproximadas se relacionan con las condiciones de sitios, con edades conocidas nos puede brindar informaciones sobre tasas de crecimiento. Con las parcelas temporales se puede conocer las existencias volumétricas de las especies de interés en un tiempo relativamente corto (Gadow *et al.* 2004, Klepac 1976). Las parcelas permanentes representan la base en manejo e investigación forestal. Las predicciones de crecimiento y producción tienen implicaciones directas para la toma de decisiones del uso adecuado de los recursos forestales (Kleinn y Morales 2002).

2.2.1 Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo silvicultural en bosques de pino-encino en México

Sosa (1981) menciona que los estudios forestales realizados por medio de sistemas permanentes tuvieron su origen en Europa, en los cuales se utilizan mediciones periódicas para determinar el crecimiento de los árboles. Las informaciones más frecuentes obtenidas son: área basal, diámetros por especies y clases de productos, en donde se registran cambios que ocurren en los bosques en un determinado tiempo. Algunos ejemplos de la utilidad de informaciones obtenidas de parcelas permanentes son: desarrollar programas de corta para los bosques, proveer volúmenes por especies para propósitos de control y para observación de la reducción de la existencia de madera, analizar mezclas de productos-especies y flujo proyectado de los mismos productos-especies, cambios en los bosques como efecto del crecimiento forestal y de las prácticas de manejo, así como la interpretación de las tendencias, proveer datos para procedimientos analíticos especializados tales como el desarrollo de modelos de crecimiento, producción y alimentación para modelos de evaluación financiera.

En México existen pocas parcelas permanentes de monitoreo silvicultural en bosques de pino-encino que cuenten con registros de todos los procesos de su manejo. Se pueden citar algunos trabajos tales como: el de experimentación silvícola El Poleo, ubicada en la unidad de administración forestal bosques de Chihuahua (Ramírez y Zepeda, 1994). Otro trabajo de experimentación se localiza en el sitio La Nieve, que se ubica en el municipio de Coalconán, Michoacán, en un rodal de 60 ha de pino y encino, la superficie bajo tratamiento fue de 25 ha (500 x 500 m) subdivididas en 25 unidades experimentales de 1 ha cada una y para disminuir el efecto de borde dejaron franjas de 18 metros entre cada una de las unidades experimentales. El diseño fue de cuadro latino de 4 tratamientos y un testigo con cinco repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en cuatro intensidades de corta sobre el arbolado de pino y encino fueron (35%, 54%, 69% y 100%) y un testigo sin ninguna intervención. A cada intensidad se le denominó método de tratamiento de cortas sucesivas, selección, árboles padre y matarrasa, respectivamente. El sitio se midió por primera vez en el año de 1960 antes y después de los primeros tratamientos y en el año de 1965 se hizo la segunda medición, evaluándose el renuevo, el incremento y la mortalidad de pino por ha. Se encontró que el

bosque se regenera en forma natural con cualquiera de los tratamientos en estudio con marcada ventaja para el método de árboles padre. En cuanto al ritmo de crecimiento, los métodos de árboles padre y selección fueron iguales, pero por lo menos duplicaron el crecimiento obtenido en los testigos (Mendoza y Robles 1967). En este mismo sitio se llevaron a cabo mediciones en los años de 1960, 1965, 1969 y 1974 en todos los árboles de pino, encino y otras latifoliadas que tuvieran el diámetro normal ≥ 10 cm y también se midió la altura total como otra variable. El tratamiento corta de árboles padre aplicados en 1960 mostró mayor regeneración con respecto a los otros tratamientos a los cinco años, aunque cabe mencionar que en las parcelas con tratamiento con matarrasa la regeneración fue satisfactoria. Después de 9 años (medición en 1969) de haber aplicado los tratamientos silviculturales, la corta de selección y cortas sucesivas mostraron la regeneración más lenta y en menor cantidad, esto se debe principalmente al carácter intolerante de las especies de pino y a existencias de encino que no fue intervenido a excepción de las parcelas a matarrasa (Mas y Pahuja 1989).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

La comunidad de Capulálpam de Méndez se localiza en la región Sierra Norte en las coordenadas 17°20'53" y 17°20'05" latitud norte y 96°24'09" y 96°23'24" longitud oeste (Figura 1), al noreste de la ciudad de Oaxaca. Con altitudes que varían desde 2000 a 3000 msnm (INEGI 1984).

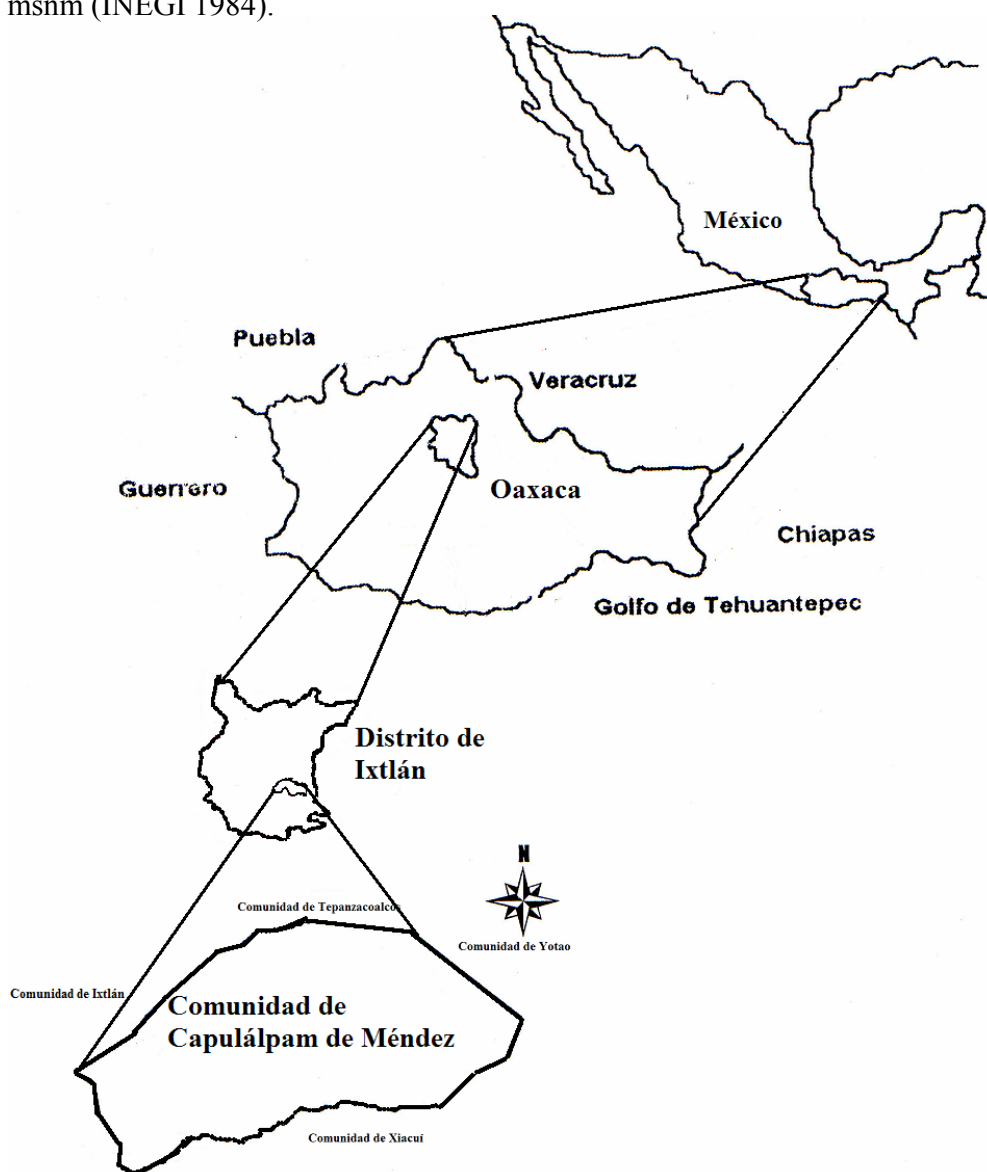


Figura 1. Localización de la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Oaxaca, México.

3.1.2 Suelo

Los suelos predominantes en el área de estudio la FAO/UNESCO lo clasificó como litosoles, rendzinas y cambisoles de textura limosa. En la zona de bosque de coníferas los suelos son delgados y frecuentemente contienen únicamente una capa formada por materia orgánica proveniente de la caída de las hojas de pino y encino, su reacción es de ácida a muy ácida (rangos de pH que van de 2.8 a 5), con alta capacidad de saturación de bases (Castaños 1962, FAO-UNESCO 1990). El suelo de clasificación litosol es de color negro o gris muy oscuro, con altos contenidos de nutrientes, profundidad desde 10 cm en laderas y pendientes abruptas con alto riesgo de erosión, hasta 50 cm de profundidad en los valles (FAO/UNESCO 1990).

El suelo de clasificación cambisol presenta horizontes bien definidos cuyo horizonte B es argílico, se localiza en mayor proporción en áreas de lomeríos, sierras y montañas del lugar, con pequeña proporción se les localiza en declives suaves y laderas. Generalmente es de coloración parda a rojizo de textura migajón arcillosa, reacción del suelo ligeramente ácida con procesos de desbasificación (FAO/UNESCO 1990).

3.1.3 Clima

La temperatura promedio anual es de 15.2 °C. La precipitación total es de 1,115 mm anuales y los meses con mayor intensidad de lluvias se presentan en los meses de junio hasta octubre. El clima de la comunidad según la clasificación de Koppen modificado por García (1987), corresponde a C (w2) (w) big: templado sub-húmedo, con abundantes lluvias en verano, y se caracteriza además por presentar entre 30 y 59 días y 150 a 200 mm de lluvia invernal, por lo que se puede considerar con sequía ligera, lo cual permite un buen desarrollo de la vegetación. Durante el invierno se acentúa el frío en los meses de diciembre hasta febrero. En la estación de la primavera se registra una época de calor seco, principalmente en los meses de marzo, abril y mayo (Castaños 1962, García 1987, INEGI 1993).

3.1.4 Tipo de bosque

De acuerdo con Rzedowski (1978) en el área de estudio se presentan bosques de pino-encino y encino. El relieve es montañoso y la gran amplitud altitudinal que va desde 2000 hasta 3000 msnm, así como la exposición predominante suroeste da lugar a una marcada variación de condiciones climáticas que a su vez influyen en la diversidad de tipos de vegetación. A esto se suma la variación en las condiciones edáficas y la influencia humana, para dar lugar a una gran heterogeneidad de la cubierta vegetal. El bosque de pino-encino está conformado por las especies: *Pinus patula*, *P. pseudostrobus*, *P. ayacahuite*, con *Quercus laurina*, *Quercus spp.*, *Abies sp.*, *Arbutus xalapensis*, *Alnus* y *Buddleia*. Ocasionalmente se encuentran rodales pequeños con *Abies hickeli* y *Cupressus lusitanica* (Miranda y Hernández 1963, UZACHI 1993). En los bosques de pino-encino y encino se pueden encontrar también especies de menor importancia económica pero que tienen importancia ecológica tales como son *Ternstroemia sp*, *Persea sp*, *Litsea glauscescens*, *Fraxinus sp*, *Oreopanax xalapensis*, *Rapanea jurgensenii* y *Symplocos sp* (Salas 2002).

3.1.5 Organización para la administración del bosque

La operación forestal que realiza la comunidad de Capulálpam de Méndez perteneciente a la UZACHI se puede calificar como una silvicultura comunitaria campesina de pequeña escala. La comunidad es propietaria legalmente reconocida por la legislación agraria mexicana como comunidad indígena. Es la comunidad como persona jurídica y no los individuos en particular la propietaria de los bosques. La comunidad, administra y opera directamente los trabajos de aprovechamiento mediante una figura semiempresarial denominada Unidad Económica Especializada de Aprovechamiento Forestal Comunal (UEEAFC). La UEEAFC está bajo el mando del Comisariado de Bienes Comunales y Consejo de Vigilancia, que a su vez responden a la asamblea general de comuneros. La comunidad es propietaria de 3849 has, de ésta superficie el manejo forestal se realiza en 2674 has y en las áreas restantes se realizan actividades de contingencia para el combate de plaga, prevención y combate de incendios en donde están clasificados como zona urbana, zona de protección, zona agropecuaria y zona de restauración. La asamblea general de comuneros decide la forma en que se administran las utilidades económicas obtenidas por el aprovechamiento maderable y

generalmente las distribuye en; inversión para mejorar la infraestructura de caminos, restauración de las áreas bajo manejo forestal, inversión hacia la industria de aserrío para creación de fuentes de empleo, inversión hacia la educación y mejora en el servicio público.

La Comunidad de Capulálpam de Méndez empezó a operar con su primer ciclo de corta en el año de 1993 y culminó en el año de 2003 (UZACHI 1993). El volumen aprovechado anualmente varía de 2,000 a 3,000 m³ en rollo (UZACHI 2003a), las superficies intervenidas varían de 70 a 100 ha por año. Actualmente se está ejerciendo la quinta anualidad del programa de manejo forestal autorizado para su ejecución durante los años de 2003 a 2013 (SEMARNAT 2003b).

3.1.6 Tratamientos silviculturales

En la operación del programa de manejo forestal de la comunidad de Capulálpam de Méndez se tomaron las bases del Método Desarrollo Silvicultural (MDS), pero adaptándose a las condiciones locales (UZACHI 1993). Desde el año 1993 hasta el año 2003 se inició con la operación del primer ciclo de corta que consta de 10 años de aprovechamiento. Se clasificaron dos tipos de áreas orientados a la producción de madera de pino: El área de silvicultura intensiva y el área de silvicultura de baja intensidad. La primera consta de pendientes relativamente moderadas y extensiones grandes de bosque de pino-encino y se aplicó el tratamiento silvicultural corta de regeneración de árboles padre (CRAP). Son superficies en donde la vegetación removida oscila entre 1 y 2 has distribuidas en una o dos áreas. A partir del año 2003 para el segundo ciclo de corta el método de regeneración de árboles padre fue sustituido por el sistema corta de regeneración de talarasa en franjas (CRTF) son superficies en donde la vegetación removida oscila entre 0.5 y 1.50 ha. La justificación de la sustitución de este método por el método de árboles padre es que existen áreas con limitaciones físicas y ecológicas, bien marcadas como arroyos o cambios de pendientes donde no es posible abrir claros demasiado grandes. Sin embargo, se pueden abrir franjas en áreas con bajas pendientes y paralelas a la dirección de los arroyos dejando franjas de vegetación ribereña como protección.

El área de silvicultura de baja intensidad consta de terrenos con pendientes abruptas, donde los pinos se presentan en manchones en cimas y parteaguas, se aplicó el tratamiento silvicultural corta de regeneración selección en grupos (CRSG). Son superficies donde la vegetación removida oscila entre 0.3 y 0.75 ha. En el área de silvicultura intensiva y en el área de silvicultura de baja intensidad, cuando la regeneración fue baja se complementó con reforestaciones de pino proveniente de semilla local.

En ambas zonas de aprovechamiento se consideró baja regeneración natural cuando el 70% de la superficie intervenida no presentó plántulas de pino, por lo que se reforestó con las especies: *Pinus patula*, *P. pseudostrobus* y *P. ayacahuite*. La distancia de reforestación fue de 2.5 m entre hileras x 2.5 m entre plantas, se calificó como una regeneración óptima cuando el número de individuos es de 1600 por ha distribuidos entre regeneración y reforestación al año de haber aplicado el tratamiento silvicultural de regeneración.

El tratamiento silvicultural corta de liberación con preaclareo (CLPA) consiste en remover los árboles padre una vez que hayan cumplido en la regeneración del bosque, para el buen desarrollo de la regeneración deben recibir la máxima cantidad de luz, por lo que se remueven los árboles de dosel alto, al mismo tiempo se realiza la poda para mejorar la calidad del fuste.

El tratamiento silvicultural de aclareo (ACL), consiste en remover algunos árboles de la masa forestal con clase de desarrollo joven para proporcionar a los individuos que quedan en pie mejores condiciones para el crecimiento, tratando de mejorar la calidad del volumen residual. Este tratamiento se aplica para ambas zonas bajo manejo forestal, se consideran dos o en ocasiones hasta tres aclareos previo a la corta de regeneración.

3.2 Métodos estadísticos

3.2.1 Muestreo

3.2.1.1 Parcelas permanentes

En el área de estudio se localizaron dos zonas de aprovechamiento maderable, el principal criterio que empleó la dirección técnica forestal de la UZACHI para diferenciar cada zona fue la pendiente (UZACHI 2003a). En la zona clasificada como de silvicultura intensiva existen pendientes que van desde 0 a 50 %, estas zonas son consideradas como pendientes moderadas el tratamiento silvicultural que aplicaron fue la corta de regeneración de árboles padre (CRAP). En la zona clasificada como de silvicultura de baja Intensidad existen pendientes que van desde 30 a 150%, estas son consideradas como pendientes altas o abruptas en donde aplicaron el tratamiento silvicultural corta de regeneración de selección en grupos (CRSG).

Para caracterizar los cambios en la estructura y composición del bosque después de la aplicación de dos tratamientos de regeneración, se establecieron parcelas permanentes de monitoreo silvicultural en dos zonas que fueron las siguientes:

En la zona de silvicultura intensiva en donde se aplicaron las cortas de regeneración de árboles padre (CRAP) en los años de 1993, 1994 y 1995 con superficies que van desde 0.200 a 0.685 ha (Cuadro 1 y Anexo 1).

En la zona de silvicultura de baja intensidad en donde se aplicaron cortas de regeneración de selección en grupos (CRSG) en los años de 1993, 1994 y 1995 con superficies que van desde 0.220 a 1.326 has (Cuadro 1 y Anexo 1).

En las dos zonas de aprovechamiento maderable después de la aplicación de los tratamientos de regeneración, se logró la regeneración natural del género *Pinus* y fue complementado con reforestaciones en áreas en donde no se encontraron individuos de las especies de interés comercial. En la toma de datos de campo no fue posible determinar a los

individuos que corresponden a la reforestación e individuos que corresponden a regeneración natural. En todas las áreas bajo tratamiento silvicultural en donde fueron establecidas las parcelas permanentes de monitoreo únicamente han tenido 1 poda y eliminación de árboles con daños físicos, no fue posible determinar la intensidad de eliminación de individuos debido a que no se llevó a cabo el registro datos en los años que fueron aplicados los tratamientos.

Para ambas zonas bajo tratamiento silvicultural, el muestreo se realizó mediante el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo silvicultural en los claros formados en el mismo año y que presentaron superficies mayores a 1000 m², esto debido a que la subparcela más grande fue de 1000 m² de superficie.

Para cada una de las zonas de aprovechamiento maderable se establecieron parcelas permanentes sin ningún tratamiento silvicultural que fueron considerados parcelas testigo frente a parcelas permanentes bajo tratamiento silvicultural de regeneración.

3.2.1.2 Intensidad y distribución de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural

El área experimental fue de 5.7 has distribuido de la siguiente manera:

En la zona de silvicultura intensiva corresponde 3.5 has con corta de regeneración de árboles padre y el testigo no tuvo superficie por ser bosque no intervenido (Testigo) (Cuadro 1).

En la zona de silvicultura de baja intensidad corresponde 2.2 has con corta de regeneración de selección en grupo y el testigo no tuvo superficie por ser bosque no intervenido (Testigo) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural (PPMS) bajo los tratamientos corta de regeneración de árboles padre (CRAP) y corta de regeneración selección en grupos (CRSG).

Superficie bajo tratamiento (ha)	Intensidad de aprovechamiento	Tratamiento Silvicultural	Año de aprovechamiento	Número de parcelas permanentes
1.077	Baja	CRSG	1993	3
0.919	Baja	CRSG	1994	3
1.546	Baja	CRSG	1995	3
0	Testigo en área de baja intensidad	No intervenida		10
0.328	Intensiva	CRAP	1993	1
1.463	Intensiva	CRAP	1994	3
0.45	Intensiva	CRAP	1995	2
0	Testigo en área Intensiva	No intervenida		10
Superficie total 5.783 ha				
Fuente: Informes anuales en la ejecución del programa de manejo forestal				

3.2.1.2.1 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño experimental completamente aleatorizado con el tiempo como covariable (ANCOVA). Comprende 2 tratamientos silviculturales con diferentes anualidades de intervención y 2 testigos distribuidos en silvicultura de baja intensidad y silvicultura intensiva.

El modelo matemático para el análisis de varianza es:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + T_j + ST_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la respuesta del efecto del tratamiento silvicultural en la estructura y composición del bosque

μ = Media general

S_i = El efecto del i-ésimo efecto del sistema silvicultural

T_j = El efecto del j-ésimo efecto del tiempo

ST_{ij} = El efecto de la interacción del sistema silvicultural x tiempo

E_{ijk} = Error experimental $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$

3.2.1.3 Tamaño y forma de las parcelas permanentes

Las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural (PPMS) fueron circulares y anidadas de acuerdo a lo establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México para el inventario forestal nacional (Figura 2) (SEMARNAT 2004). La

parcela principal fue un tamaño de 1000 m^2 (radio 17.84 m). En el centro de estas parcelas se estableció una subparcela circular de 400 m^2 (radio $= 11.28 \text{ m}$) y finalmente una subparcela circular de 80 m^2 (radio $= 5.04 \text{ m}$). Cada parcela de 1000 m^2 estuvo separada de la siguiente parcela al menos 50 m (Varela y Aguilera 1999, Negreros y Snook 1984). Para marcar los límites de cada parcela se colocaron 4 varillas de acero de dos metros de altura en el perímetro y 1 varilla en el centro de la circunferencia. De esta forma se procedió para las dos subparcelas que estuvieron ubicadas dentro de la parcela principal; para la identificación en futuras mediciones se colocaron varillas de acero en el perímetro de cada parcela. Uno de los problemas del bosque de pino-encino es que se presentan pendientes muy variadas; para eliminar el efecto de la pendiente se trazaron cuadrantes con puntos cardinales de norte sur, este y oeste en donde el radio fue compensado de acuerdo a la pendiente que se presenta en cada cuadrante de tal manera que el área sea de 1000 m^2 proyectado en una superficie plana horizontal. Para el establecimiento de cada parcela permanente de monitoreo silvicultural de 1000 m^2 se requirió del apoyo de 8 personas por brigada de campo durante dos días. Los integrantes de cada brigada estuvo conformado por: 1 coordinador de brigada, 2 colectores de muestras de plantas, 1 registrador de datos de campo, 2 medidores de distancia con respecto al centro y diámetro de cada árbol, 2 encargados para el acomodo de identificadores de cada árbol.

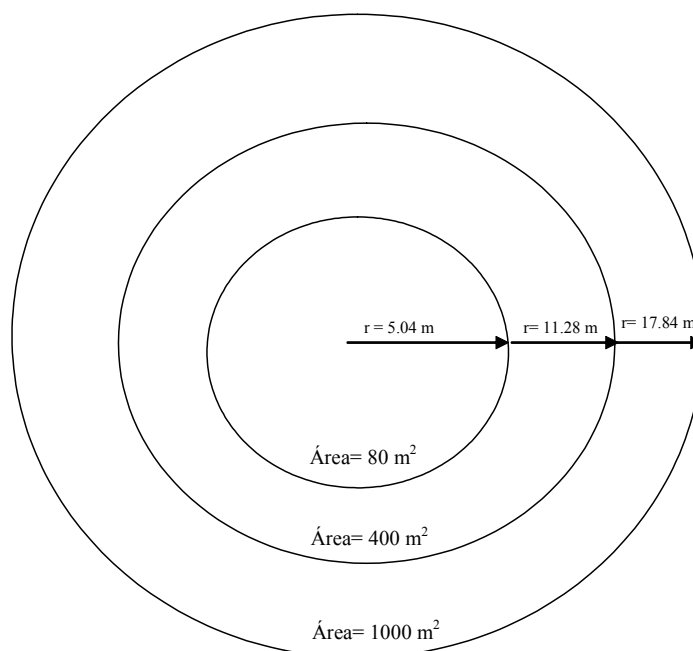


Figura 2. Tamaño y forma de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.

3.2.1.4 Ubicación de los árboles en las parcelas permanentes

En la parcela principal de 1000 m² (radio=17.84 m) se marcó y ubicó toda la vegetación \geq a 10 cm de diámetro normal (DN), considerados como fustales. En cada árbol se pintó una franja de 10 cm de ancho que marca la altura a 1.30 m del suelo, lo cual en futuras mediciones permitirá hacerlo en el mismo lugar.

En la parcela de 1000 m² se ubicó el árbol más cercano del centro en donde se inició el conteo del primer árbol, para reconocer cual es el árbol más cercano al centro se pintó la numeración de color blanco sobre la corteza del fuste, además se colocó un tubo de aluminio en el centro de la parcela, la numeración fue consecutiva con el apoyo de una brújula se midió el azimut y la distancia de cada árbol por orden de aparición en el sentido de las manecillas del reloj desde el centro de la parcela hasta cerrar los 360°. La ubicación de cada uno de los árboles es muy importante ya que permitirá realizar mediciones futuras con mayor facilidad.

La numeración se hizo colocando en la parte superior de la línea marcatoria del diámetro el número de dos dígitos de la parcela permanente a la cual pertenece ese árbol y en la parte inferior de la línea marcatoria del diámetro se puso el número consecutivo de dos dígitos que le corresponde al árbol, las numeraciones se realizaron de tal manera que sean visibles desde el centro de la parcela. Para tener una mejor identificación en campo con alambre de aluminio se sujetaron láminas de aluminio de 5 cm x 4 cm con numeraciones de cuatro dígitos; los dos primeros dígitos correspondieron al número de la parcela y los dos últimos dígitos fue el número del árbol.

Cuando no existía vegetación \geq 10 cm de DN se estableció la parcela debido a que en el futuro los árboles presentes se incorporarán en esta categoría, por lo que es importante no omitir su establecimiento para el monitoreo.

En la subparcela de 400 m² (radio= 11.28 m) se marcó y ubicó toda la vegetación de latizales \leq 9.9 cm y \geq 2.5 cm de DN, en donde se realizó un conteo de individuos. El marcado de cada árbol se efectuó con pintura de aceite color amarillo, muy visible en el bosque de pino encino, en cada árbol se pintó una franja de 10 cm de ancho, que marca la altura a 1.30 m del

suelo, lo cual en futuras mediciones permitirá hacerlo en el mismo lugar. Para eliminar el efecto de la pendiente se trazaron cuadrantes con puntos cardinales de norte sur, este y oeste, en donde el radio fue compensado de acuerdo a la pendiente que se presenta en cada cuadrante de tal manera que el área fue de 400 m² proyectada a una superficie plana horizontal. La ubicación de cada uno de los árboles es muy importante ya que permitirá realizar mediciones futuras con mayor facilidad.

Para la numeración de los árboles dentro de la parcela de 400 m² el árbol que se localizó más cercano al centro en la parcela principal de 1000 m² sirvió para esta subparcela, en donde se inició el conteo del primer árbol de la subparcela, la numeración fue consecutiva en continuación del último número del árbol de la parcela principal. Con el apoyo de una brújula se midió el azimut y la distancia de cada árbol por orden de aparición en el sentido de las manecillas del reloj desde el centro de la parcela hasta cerrar los 360°.

La numeración se hizo colocando en la parte superior de la línea marcatoria del diámetro el número de la subparcela permanente a la cual perteneció ese árbol y en la parte inferior de la línea marcatoria del diámetro se puso el número consecutivo de dos dígitos que le correspondió al árbol. Las numeraciones se realizaron de tal manera que fueran visibles desde el centro de la parcela. Para tener una mejor identificación en campo se emplearon láminas de aluminio de 5 cm x 4 cm con numeraciones de cuatro dígitos; los dos primeros dígitos correspondieron al número de la subparcela y los dos últimos dígitos indicaron el número del árbol, se colocaron en el fuste del arbolado con alambres de aluminio de tal manera que no afecte el crecimiento diametral.

En la subparcela de 80 m² (radio= 5.04 m) solo se contó toda la vegetación de regeneración con alturas ≥ 25 cm de altura ≤ 2.49 cm de DN. En cuanto a la numeración ya no fue necesario como en las dos anteriores.

Para analizar los cambios en la estructura y composición del bosque bajo el tratamiento silvicultural corta de regeneración de árboles padre y corta de regeneración de selección en grupos con respecto a un bosque sin ningún tratamiento silvicultural, se establecieron parcelas

permanentes en áreas cercanas en donde no haya tenido intervención y que sirvieron como tratamientos testigos. Para el establecimiento de estas parcelas se siguió la misma metodología planteada para las áreas bajo tratamiento silvicultural.

3.2.1.5 Variables evaluadas en las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural

Para cada unidad de muestreo se registraron datos de ubicación geográfica con un GPS Garmin II plus, con los cuales se elaboró un mapa de distribución de las unidades de muestreo (Figura 3). En el centro de cada parcela de 1000 m² 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 la capa orgánica del suelo. La pendiente promedio se obtuvo de los cuatro rumbos francos mediante el uso de un clinómetro Sunnto, la altitud a través de un altímetro.

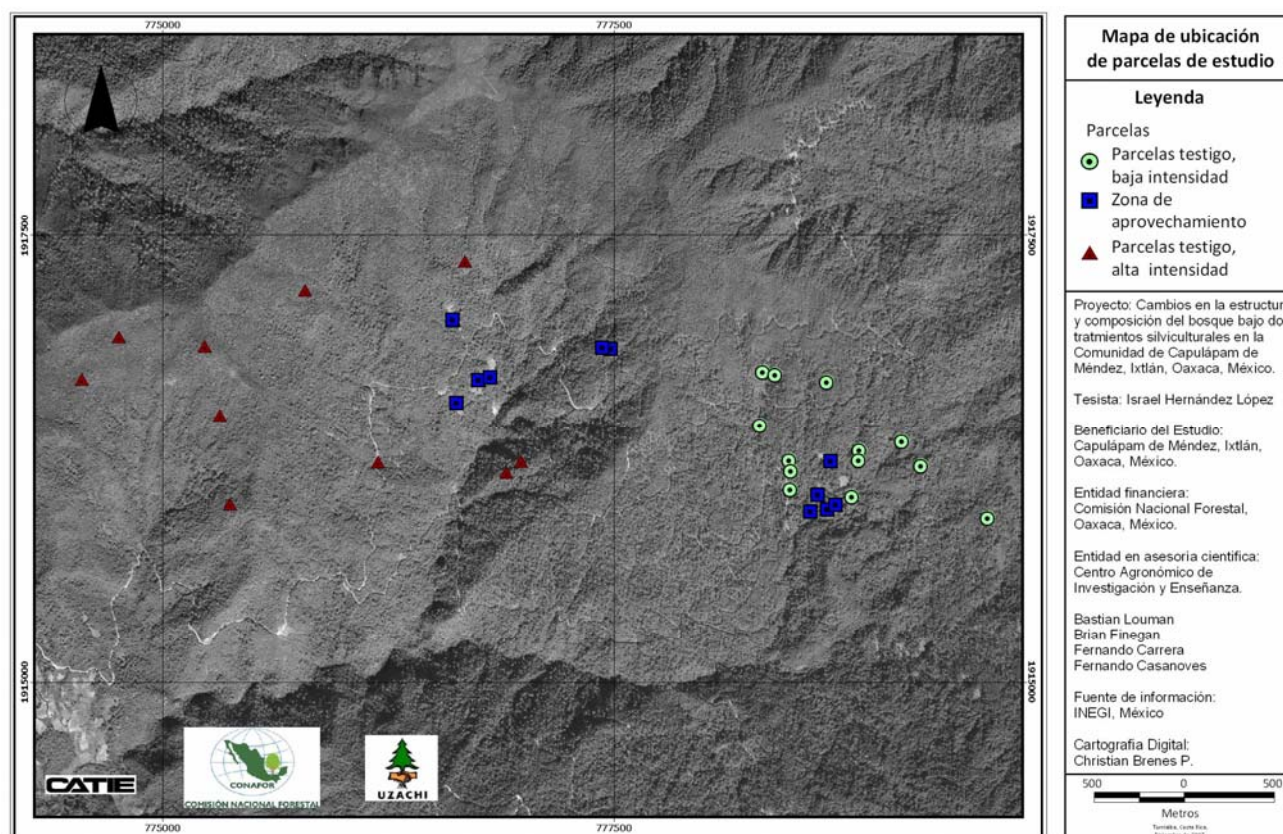


Figura 3. Mapa de distribución de parcelas permanentes de monitoreo silvicultural en zonas bajo manejo forestal maderable de la comunidad de Capulápam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca.

El tamaño de las parcelas, así como las características de la vegetación medidas se realizó acorde a la metodología estándar utilizada en inventarios forestales para México

(SEMARNAT 2004). En la parcela de 1000 m² se midió toda la vegetación \geq a 10 cm de DN, considerados como fustales (Cuadro 2). A cada individuo se le tomó datos de DN con cinta diamétrica, identificación con nombre científico a nivel de especie. La identificación de cada especie fue llevado a cabo por dos especialistas; en lo que corresponde a especies del género *Pinus* la identificación lo realizó la M. C. Alejandra Acosta Ramos de la Universidad de la Sierra Juárez de Oaxaca, En lo que corresponde a especies de latifoliadas lo realizó el Dr. Esteban Martínez Salas del Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

En las subparcelas de 400 m² se midieron y contaron latizales \leq 9.9 cm y \geq 2.5 cm de DN. Realizándose un conteo de individuos de todas las especies.

Por último, en el cuadrado de 80 m² se registraron brinzales con alturas \geq 25 cm de altura \leq 2.49 cm de DN los individuos de los géneros *Pinus* y otras especies. Se realizó el conteo de individuos e identificación a nivel de especie (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables a evaluar en las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.

Tamaño de la parcela (m ²)	Clasificación de individuos	Rangos diamétricos	Vegetación evaluada	Variables medidas
1000	Fustales	DN Mayor e igual a 10 cm.	Árboles (todas las especies existentes en la parcela)	Conteo y medición de individuos, colecta de ejemplares para su identificación a nivel de especie y muestreo de suelos
400	Latizales (alto y bajo)	DN \leq a 9.9 cm de DN \geq 2.5 cm de DN.	Árboles (todas las especies)	Conteo y medición de individuos, colecta de ejemplares para su identificación a nivel de especie.
80	Brinzales	Vegetación \geq 25 cm de altura \leq 2.49 cm de DN.	Árboles (todas las especies)	Conteo de individuos,, colecta de ejemplares para su identificación a nivel de especie.

3.3 Análisis de datos de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural

El análisis estadístico se llevó a cabo con ayuda de los programa Infostat/P versión 2007. Para analizar la estructura horizontal, se calculó por cada tipo de bosque el número total

de individuos, número de individuos de pino, número de individuos de encino y número de individuos de otras especies. También se calculó valores de número de individuos por clase diamétrica, tanto total como por grupo de especies. Además, se obtuvo el área basal (m²/ha) total y por grupo de especies para cada tipo de bosque. Lo anterior se realizó tomando en cuenta la vegetación \geq a 10 cm de DN considerados como fustales y con datos extrapolados a hectárea. Por otra parte, para brinzales y latizales, se calculó el número de individuos y se registró su identificación a nivel de género y especie. Los índices de diversidad se calcularon para cada parcela de 1000 m² 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 de la población tomados al azar sean de la misma especie (Moreno 2001). Está influido por la importancia de las especies dominantes, a medida que el índice incrementa, la diversidad decrece (Magurran 1988). La ecuación es la siguiente:

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

Donde p = 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 2001). Mide el grado de incertidumbre en predecir a que especies 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:

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

Donde H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener, p = proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total,

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: $S = \alpha \text{Log } e (1 + N/\alpha)$

Donde S es el número de especies de la muestra, N es el número de individuos de la muestra y α 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. 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 (ANAVA) a una vía de clasificación para comparar los tipos de bosques bajo tratamiento silvicultural y comparar contra un testigo, se realizó un ANAVA a una vía de clasificación. Tanto, en el ANAVA a una vía y a dos vías de clasificación se llevó a cabo pruebas de comparación de medias de LSD de Fisher. Esto con la finalidad de encontrar diferencias entre tipo de bosque, utilizándose un nivel de significancia del 5%. Con los resultados se elaboraron cuadros y gráficas para las variables de respuesta (Número de árboles, área basal total, composición, diversidad).

4 RESULTADOS

4.1 Determinación de la metodología adecuada para el análisis de la estructura y composición del bosque

Al llevar a cabo el análisis de varianza (ANAVA) con el modelo matemático planteado para determinar los cambios en la estructura y composición del bosque, se obtuvieron resultados que no permitieron encontrar patrones definidos en cuanto al efecto del tiempo que son los años después de la intervención (covariable), además que el número de parcelas permanentes por cada tratamiento de regeneración presentaron muchas variaciones. Para la corta de regeneración de árboles padre (CRAP) se logró el establecimiento de seis parcelas permanentes, para la corta de regeneración de selección en grupos (CRSG) se establecieron nueve parcelas permanentes, otro de los mayores problemas que influyeron en la confiabilidad de los resultados del análisis de varianza fue que solo se estableció una parcela permanente de monitoreo para el tratamiento CRAP del año de 1993 debido a que solo hubo aprovechamiento en un solo claro, todo lo anterior se confirma en la figura 4 en donde se observa que no existe varianza para el tratamiento CRAP de 1993.

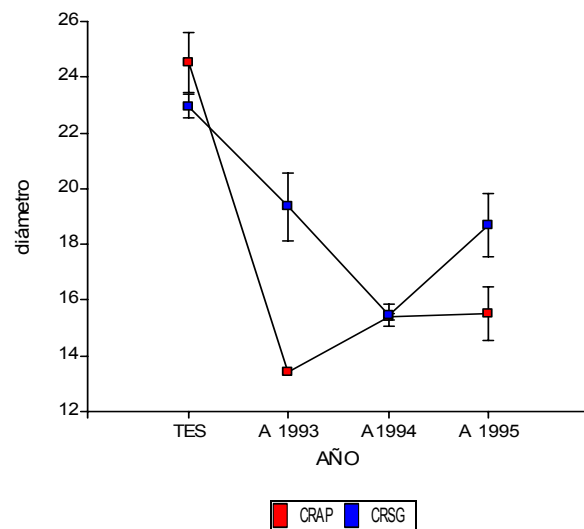


Figura 4. Diámetro Normal de individuos de fustales \pm error estándar de parcelas permanentes establecidas en dos sistemas silviculturales de regeneración en diferentes años de intervención.

Para realizar el análisis de varianza con la metodología más adecuada se aprovechó la experiencia obtenida por varios autores en diversos trabajos en donde han empleado el análisis

de multivariado por conglomerados (p.e. Gallo 1999, Ramos 2004, Guerrero 2005, Murrieta 2006) en donde recomiendan que unas de las alternativas para el análisis en estructura y composición del bosque se aplique el de conglomerados de acuerdo al Índice de Valor de Importancia de cada parcela, en donde las parcelas con mayor similitud formarán parte de un grupo o conglomerado (Infostat 2004).

4.2 Determinación de tipos de bosques en las zonas bajo manejo forestal

Los resultados del análisis de conglomerados se presenta en la figura 5 para los tres rangos diamétricos que son; fustales, latizales y brinzales (≥ 10 cm de DN para parcelas de 0.1 ha, ≤ 9.9 y ≥ 2.5 cm de DN para parcelas de 0.04 ha y ≤ 2.49 cm de DN y ≥ 25 cm de altura para parcelas de 0.008 ha.

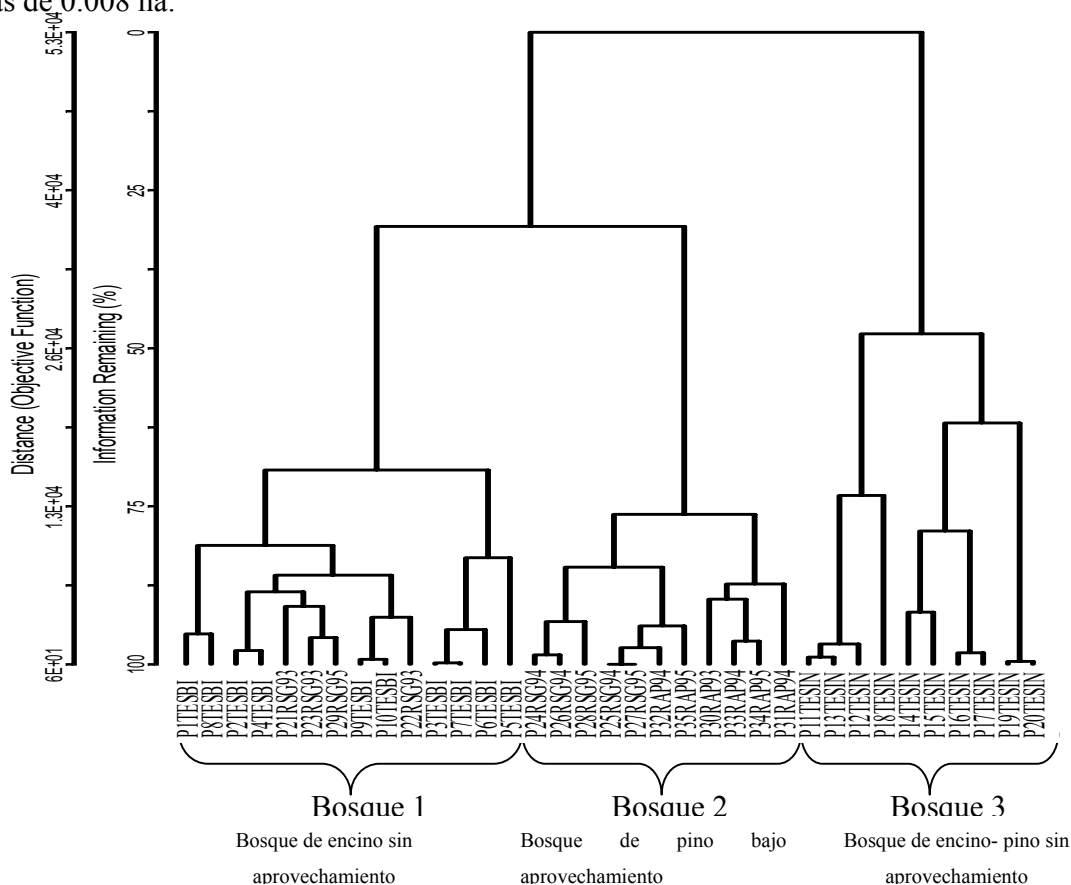


Figura 5. Dendrograma de análisis por conglomerados en parcelas de 0.1 ha con individuos de DN ≥ 10 cm. Con criterios unificados para el análisis de parcelas de 0.04 ha con individuos ≤ 9.9 y ≥ 2.5 cm de DN, parcelas de 0.008 ha con individuos ≤ 2.49 cm de DN y ≥ 25 cm de altura en zonas bajo manejo forestal maderable de la comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México.

4.3 Descripción de las áreas bajo estudio

Los tipos de bosques están distribuidos dentro de las áreas bajo manejo forestal maderable en donde las condiciones ambientales son similares (Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales características de los tres tipos de bosques identificados en las áreas bajo manejo forestal de la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México.

Tipo de bosque	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Fósforo (mg/kg)	Materia org. (%)	Nitrógeno total (N%)	Potasio (meq/100g)	pH	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura
1	2493	29	7.75	3.91	0.20	0.22	4.30	48	27	25	Franco
2	2408	24	5.31	3.64	0.18	0.23	4.47	48	29	23	Franco
3	2444	29	4.98	3.60	0.18	0.13	4.17	47	27	26	Franco

Para detectar alguna condición ambiental que pudiera influir en la existencia de determinado tipo de bosque con individuos de $DN \geq 10$ cm en parcelas con superficie 0.1 ha se realizó un análisis multivariado de componentes principales (Figura 6).

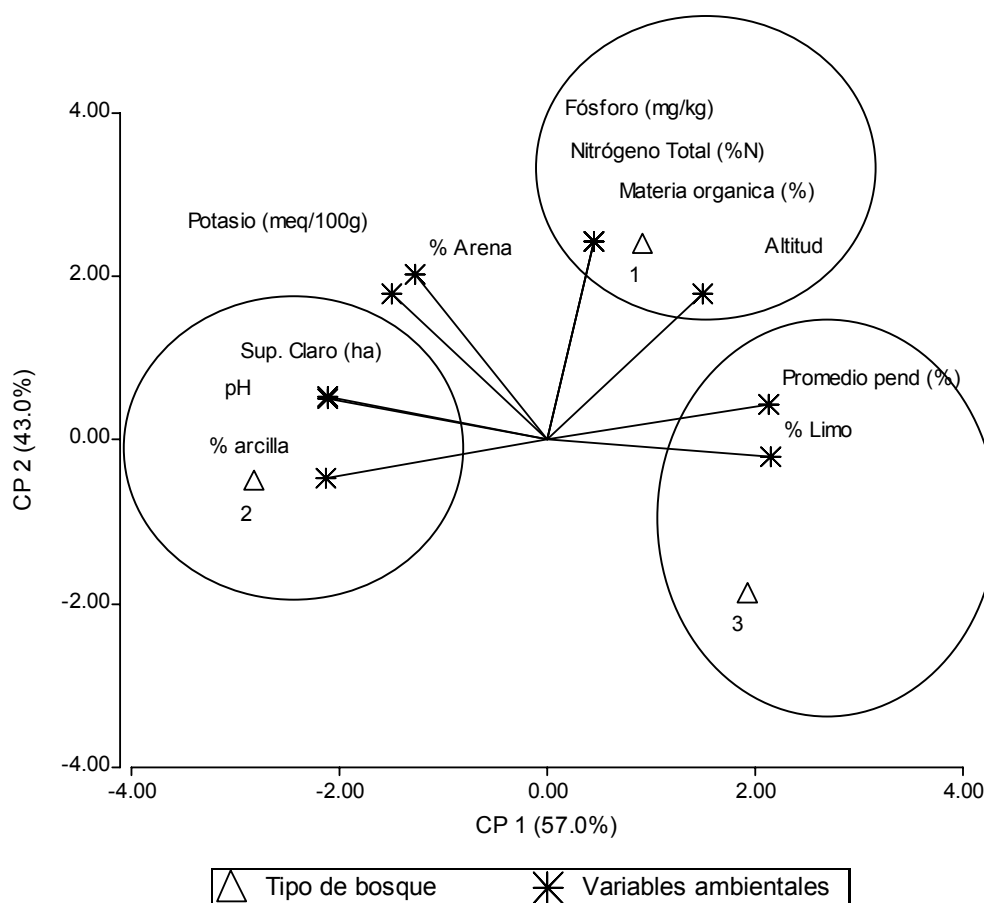


Figura 6. Biplot obtenido mediante análisis de componentes principales de la relación que existe entre las variables ambientales y el tipo de bosque bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.1 ha con individuos de $DN \geq 10$ cm.

En el primer componente (CP1 57%) el bosque 2 se encuentra separado de los bosques 1 y 3 (Figura 6), por lo que la mayor variabilidad entre los tipos de bosques posiblemente se explique con respecto a la variabilidad ambiental. El contenido de fósforo, nitrógeno total, materia orgánica y altitud tienen relación positiva al bosque 1. Las variables ambientales superficie del claro, pH y arcilla tienen relación positiva al tipo de bosque 2. En cuanto al bosque 3 se encuentra relacionado con bajo contenido de potasio y bajo contenido de arena.

En el análisis discriminante canónico (Cuadro 4) se muestran los resultados de los componentes que explican la variación ambiental. Los autovectores eje canónico 1 y eje canónico 2 reportados muestran los coeficientes con que cada variable original fue ponderada para conformar la CP1 y CP2. Se puede observar que el CP1 las variables superficie del claro -0.39, pH -0.39 y arcilla -0.39 reciben los pesos negativos más altos, en este mismo componente se puede observar que la pendiente promedio, altitud y limo reciben los pesos positivos más altos. En el CP2 las variables con mayor peso positivo fueron fósforo, materia orgánica, nitrógeno total y potasio. Con estos resultados se puede mencionar que las variables ambientales que presentan el mayor peso discriminante son: superficie del claro, pH, arcilla, pendiente promedio, altitud, limo, fósforo, materia orgánica, nitrógeno total y potasio. Cabe aclarar que estas variables ambientales presentan valores positivos o negativos discriminantes, pero que debido a valores relativamente bajos no es posible determinar su relación con algún tipo de bosque.

Cuadro 4. Resultados del análisis discriminante canónico de las variables ambientales para la diferenciación de tipos de bosque en áreas bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.1 ha con DN \geq 10 cm.

Variables ambientales (coeficientes canónicos)	Ejes canónicos	
	e1	e2
Promedio pend (%)	0.39	0.08
Altitud	0.28	0.33
Sup. Claro (ha)	-0.39	0.09
Fósforo (mg/kg)	0.08	0.45
Materia organica (%)	0.08	0.45
Nitrógeno Total (%N)	0.08	0.45
Potasio (meq/100g)	-0.28	0.45
pH	-0.39	0.10
% Arena	-0.23	0.37
% arcilla	-0.39	-0.08
% Limo	0.40	-0.04

Para poder determinar estadísticamente las diferencias significativas entre las variables ambientales se llevó a cabo un análisis de varianza (Cuadro 5). Los factores que presentaron diferencias significativas es la que corresponde a pH ($p=0.0463$) y superficie del claro ($p=0.0085$), el bosque 2 presentó mayor pH y superficie del claro que los bosques 1 y 3.

Cuadro 5. Valores promedios y error estándar para las variables ambientales en relación con los tres tipos de bosques identificados en áreas bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.1 ha con DN \geq 10 cm.

Variables ambientales	Bosque 1 sin aprovechamiento	Bosque 2 Bajo aprovechamiento	Bosque 3 Sin aprovechamiento	Pr>F
Altitud (msnm)	2493 \pm 28.00 b	2408 \pm 32.17 a	2444 \pm 23.98 ab	0.1106
Pendiente (%)	29 \pm 3.630 a	24 \pm 3.650 a	29 \pm 2.86 a	0.5705
Superficie del claro (ha)	0.17 \pm 80.10 a	0.43 \pm 0.10 b	0.00 \pm 0.00 a	0.0085
Fósforo (mg/kg)	7.75 \pm 2.64 a	5.31 \pm 0.49 a	4.98 \pm 0.70 a	0.5113
Materia organica (%)	3.91 \pm 0.80 a	3.64 \pm 0.64 a	3.60 \pm 0.77 a	0.9487
Nitrógeno total (%N)	0.20 \pm 0.04 a	0.18 \pm 0.03 a	0.18 \pm 0.04 a	0.9489
Potasio (meq/100g)	0.22 \pm 0.07 a	0.23 \pm 0.04 a	0.13 \pm 0.02 a	0.3765
pH	4.30 \pm 0.04 ab	4.47 \pm 0.10 b	4.17 \pm 0.09 a	0.0463
Arena (%)	48.36 \pm 3.28 a	48.27 \pm 3.02 a	47.56 \pm 3.05 a	0.9824
Arcilla (%)	26.93 \pm 3.09 a	29.12 \pm 2.38 a	26.88 \pm 3.22 a	0.8373
Limo (%)	24.71 \pm 1.62 a	22.61 \pm 1.52 a	25.56 \pm 2.66 a	0.5660

Para detectar alguna condición ambiental que pudiera influir en la existencia de determinado tipo de bosque con individuos ≤ 9.9 cm y ≥ 2.5 cm de DN en parcelas con superficie 0.04 ha considerados como latizales se realizó un análisis multivariado de componentes principales (Figura 7).

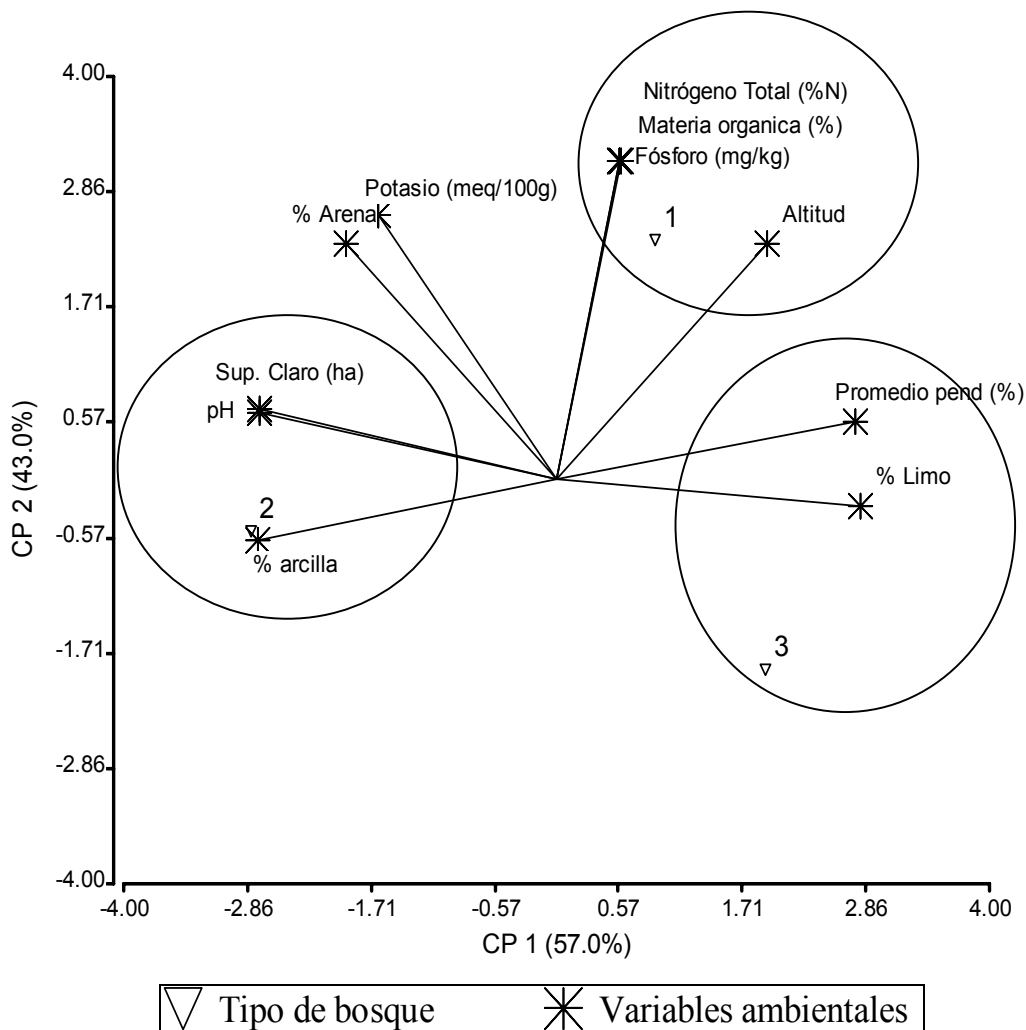


Figura 7. Biplot obtenido mediante análisis de componentes principales de la relación que existe entre las variables ambientales y el tipo de bosque bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.04 ha con individuos de ≤ 9.9 cm y ≥ 2.5 cm de DN.

En el primer componente (CP1 57%) el bosque 2 se encuentra separado de los bosques 1 y 3 (Figura 7), por lo que la mayor variabilidad entre los tipos de bosques se explica con respecto a la variabilidad ambiental. El bosque 1 se encuentra relacionado con nitrógeno total, materia orgánica, fósforo y altitud. El bosque 2 se encuentra relacionado con el pH, superficie

del claro y arcilla. El bosque 3 no está diferenciado por alguna variable ambiental con valores positivos, pero si están relacionados con valores negativos en contenido de potasio y arena. El bosque 1 y 2 comparten variabilidad ambiental que son arena y potasio.

Se puede observar que el CP1 las variables arcilla -0.25, limo -0.25, superficie del claro -0.19 reciben los pesos negativos más altos (Cuadro 6), los valores positivos más altos son: materia orgánica, nitrógeno total, arena y potasio. En el CP2 el valor negativo más alto es altitud, los valores positivos más altos son superficie del claro y fósforo. Con estos resultados se puede mencionar que las variables ambientales arcilla, limo, superficie del claro, materia orgánica, nitrógeno total, arena y altitud muestran diferenciación sobre los tipos de bosques. Debido a los valores discriminantes bajos no es posible determinar alguna variable ambiental que tenga mayor relación con algún tipo de bosque.

Cuadro 6. Resultados del análisis discriminante canónico de las variables ambientales para la diferenciación de tipos de bosque en áreas bajo manejo forestal para especies forestales con individuos ≤ 9.9 cm y ≥ 2.5 cm de DN en parcelas con superficie de 0.04.

Variables ambientales (coeficientes canónicos)	Ejes canónicos	
	1	2
Promedio pend (%)	0.28	-0.12
Altitud	0.04	-0.46
Sup. Claro (ha)	-0.19	0.57
Fósforo (mg/kg)	0.08	0.45
Materia organica (%)	0.44	0.22
Nitrógeno Total (%N)	0.44	0.23
Potasio (meq/100g)	0.37	0.18
pH	0.21	0.16
Arena (%)	0.39	0.10
Arcilla (%)	-0.25	0.21
Limo (%)	-0.25	-0.16

4.4 Descripción florística de los tipos de bosque

Se encontraron tres tipos de bosques de acuerdo al peso ecológico por parcela permanente de monitoreo silvicultural, este resultado se obtuvo de acuerdo al criterio del Índice de Valor de Importancia (IVI) (Anexo 2). Los bosques fueron denominados de acuerdo a las tres primeras especies indicadoras para cada tipo de bosque, esto se llevó a cabo mediante el resultado significativo de la prueba de Monte Carlo y con su porcentaje del valor indicador (VI) de las especies indicadoras. ($p \leq 0.05$) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de las especies indicadoras para los tres tipos de bosques, estadísticamente significativas de la prueba de Monte Carlo para un $p \leq 0.05$ aplicados en parcelas de 0.1 ha con $DN \geq 10$ cm.

Especie	Tipo de bosque	Valor indicador VI (%)	$P \leq 0.05$
<i>Quercus ocoteaefolia</i>	1	82.1	0.001
<i>Ternstroemia sp. E18**</i>	1	78.4	0.001
<i>Symplocos coccinea</i>	1	60.2	0.001
<i>Quercus aff. Eugeniifolia</i>	1	54.1	0.002
<i>E49**</i>	1	50.0	0.002
<i>Quercus corrugata</i>	1	50.0	0.003
<i>Persea americana</i>	1	42.9	0.003
<i>E6**</i>	1	42.9	0.004
<i>Pinus ayacahuite</i>	1	39.1	0.033
<i>Ocotea helicterifolia</i>	1	35.7	0.009
<i>Symplocos pycnantha</i>	1	35.7	0.01
<i>Nectandra sp.</i>	1	28.6	0.029
<i>E16**</i>	1	28.6	0.033
<i>E42**</i>	1	28.6	0.036
<i>E27**</i>	1	28.6	0.037
<i>Pinus patula</i>	2	65.3	0.001
<i>Pinus pseudostrobus</i>	2	55.4	0.004
<i>E88**</i>	2	36.4	0.008
<i>Arbutus xalapensis</i>	3	60.0	0.001
<i>Quercus crassifolia</i>	3	53.9	0.004
<i>Quercus scytophylla</i>	3	47.8	0.001
<i>Pinus pseudostrobus var. coatepecensis</i>	3	47.2	0.002
<i>Pinus teocote</i>	3	40.0	0.004
<i>Pinus pseudostrobus var. estevezii Martínez</i>	3	40.0	0.005

**Ejemplares pendientes de ser identificados a nivel de especie.

La lista completa de todas las especies se muestra en el Anexo 2.

El bosque 1 de encino sin aprovechamiento está formado por *Quercus ocoteaefolia*, *Symplocos coccinea* y *Ternstroemia sp.*, los cuales presentan los mayores pesos ecológicos de acuerdo al Valor de Importancia de la prueba de Monte Carlo. De igual forma existen otras especies que presentaron Valor de Importancia alto como son: *Quercus aff. eugeniifolia*, *Quercus corrugata*, *Persea americana*, *Pinus ayacahuite*, *Ocotea helicterifolia*, *Symplocos pycnantha*, *Nectandra sp.*, en este bosque al igual que en las otras dos, existen especies que hasta el momento no han sido identificadas por lo que se reserva considerarlos indicadoras pero en cada una de ellas se les asignó una clave para ser considerados para el análisis estadístico, la base de datos se estará actualizando conforme se indentifiquen los ejemplares que aún quedan pendientes. Al momento de realizar el análisis de conglomerado se agruparon a las

parcelas permanentes testigo la parcela 21 (P21RSG93), 22 (P22RSG93), 23 (P23RSG93) que pertenecen al tratamiento silvicultural corta de regeneración de selección en grupos aplicado en el año 1993. También formó parte de este grupo la parcela permanente 29 establecida en el tratamiento silvicultural corta de regeneración de selección en grupos aplicado en el año 1995 (P29RSG95). El conglomerado de este tipo de bosque finalmente resultó con 14 parcelas permanentes de monitoreo silvicultural.

El Bosque 2, de pino bajo aprovechamiento, se caracteriza por las especies *Pinus patula* y *Pinus pseudostrobus* y de acuerdo con los datos tomados en campo y reportes del programa de manejo forestal maderable en ejecución, se reportan condiciones ambientales similares a los otros dos tipos de bosques identificados.

Bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento se caracteriza por *Arbutus xalapensis*, *Quercus crassifolia* y *Quercus scytophylla*. En este bosque se encontraron otras especies del género *Pinus* que presentan valores de importancia altas tales como *Pinus pseudostrobus* var. *coatepecensis*, *Pinus teocote* y *Pinus pseudostrobus* var. *estevezii* Martínez.

4.5 Análisis estructural de los tres tipos de bosques

4.5.1 Número total de individuos

Se llevó a cabo el análisis estructural a nivel de parcelas con la clasificación de los individuos en tres categorías de acuerdo al nivel de desarrollo del diámetro normal a la altura de 1.30 m (DN). A los individuos ≥ 10 cm de DN se les consideró como fustales muestreados en una superficie de 0.10 ha, a los individuos que presentaron el DN de ≤ 9.9 y ≥ 2.5 cm se les considero como latizales muestreados en parcelas con superficie 0.04 ha y a los individuos que presentaron el DN ≤ 2.49 y ≥ 25 cm de altura muestreados en parcelas con superficie 0.008 ha se les consideró como brinzales.

Considerando el número total de individuos de fustales (N/ha) el ANAVA mostró diferencias estadísticas ($p=0.0378$) entre los bosques. El bosque 2 de pino bajo

aprovechamiento resultó tener más individuos y los bosques 1 de encino sin aprovechamiento y 3 de encino-pino sin aprovechamiento no presentaron diferencias entre ellos (Figura 8).

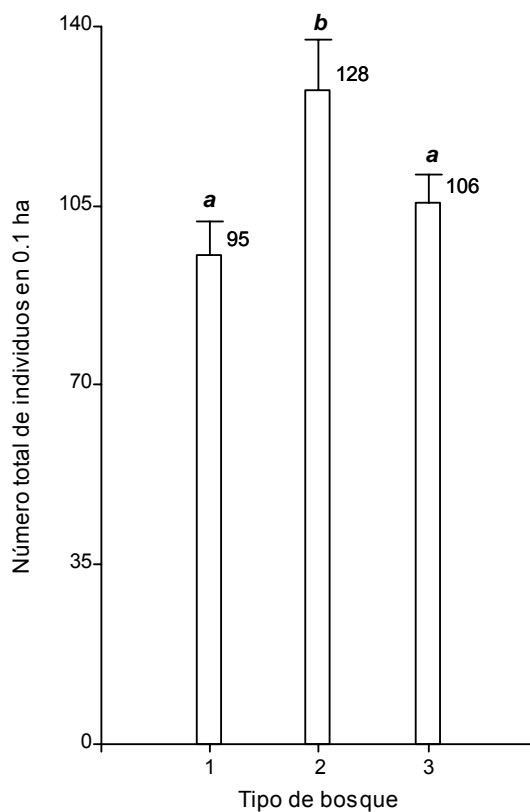


Figura 8. Número total de individuos de fustales \pm error estándar para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

En cuanto al número de individuos de fustales se realizó el ANAVA por clase diamétrica, mostró diferencias estadísticas ($p=0.00143$) entre los bosques. El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento fue el que presentó mayor número de individuos por ha. Con respecto a los bosques 1 de encino sin aprovechamiento y 3 de encino-pino sin aprovechamiento no presentaron diferencia entre ellos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedios y error estándar del número de individuos (N/ha), para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Clase diamétrica (cm)	Bosque 1 de encino (N/ha)	Bosque 2 de pino (N/ha)	Bosque 3 de encino-pino (N/ha)	Pr>F
10-14.9	372±35 a	665 ± 58 b	315±27 a	0.0001
15-19.9	221± 25 a	394 ± 49 b	226±19 a	0.0010
20-24.9	96 ± 12 a	163 ± 24 b	181± 22 b	0.0050
25-29.9	60 ± 8 a	31 ± 7 a	125± 16 b	0.0001
30-34.9	46 ± 6 b	7 ± 3 a	73 ± 10 c	0.0001
35-39.9	28 ± 4 b	5 ± 2 a	43± 8 c	0.0001
40-44.9	18 ± 4 b	2 ± 1 a	32±9 b	0.0021
45-49.9	18 ± 5 b	2 ± 2 a	12±3 b	0.0149
≥ 50	94 ± 15 c	5 ± 2 a	49±7 b	0.0001
Total N	953± 67 a	1276± 97 b	1056 ± 56 a	0.0143

Para el número de individuos/ha de las clases diamétricas de 10-14.9 y 15-19.9 el ANAVA indicó que los bosques presentaron diferencias significativas ($p=0.0001$ y 0.0010). El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento presentó mayor número de individuos, los bosques 1 de encino sin aprovechamiento y 3 de encino-pino sin aprovechamiento no presentaron diferencia entre ellos (Cuadro 9). Posteriormente, conforme fue aumentando la clase diamétrica la tendencia del bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable en cuanto al número de individuos fue disminuyendo a tal grado de presentar menos individuos con respecto a los otros dos tipos de bosques (Figura 9).

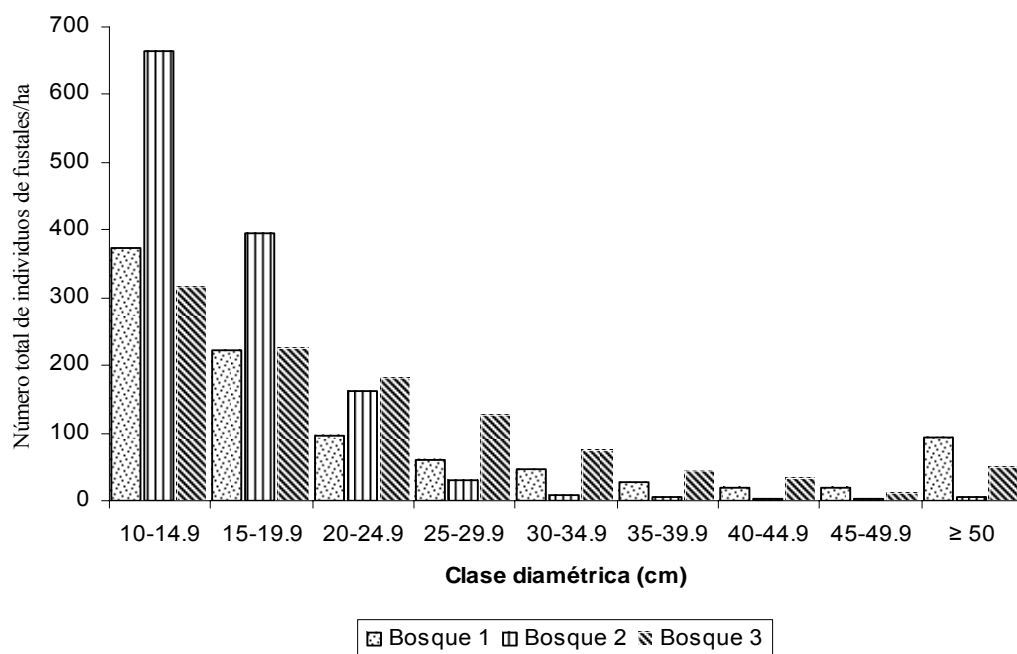


Figura 9. Número total de individuos por clase diamétrica de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.

El ANAVA para el número total de individuos de latizales mostró diferencias estadísticas ($p=0.0035$) entre los bosques. El bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento presentó menor número total de individuos con respecto a los demás tipos de bosques. Los bosques 1 de encino sin aprovechamiento y 2 de pino bajo aprovechamiento maderable no presentaron diferencia entre ellos (Figura 10).

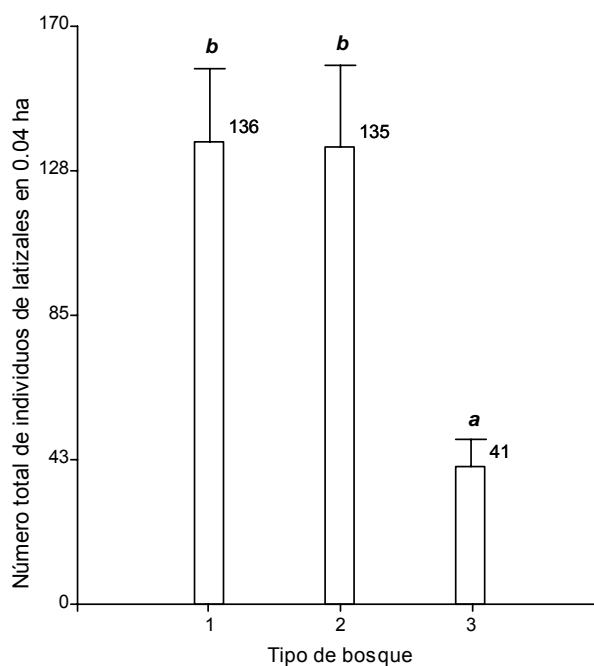


Figura 10. Número total de individuos de latizales \pm error estándar para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Para el número total de individuos de latizales se clasificaron en latizales altos y latizales bajos. El ANAVA mostró diferencias estadísticas ($p=0.0002$) entre los bosques. El bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento presentó menor número de individuos en las dos clasificaciones de latizales. Los bosques 1 de encino sin aprovechamiento y 2 de pino bajo aprovechamiento no presentaron diferencias entre ellos (Cuadro 9 y Figura 11).

Cuadro 9. Promedios y error estándar para el número de individuos de latizales altos y latizales bajos para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Latizales	Bosque 1 de encino Número de individuos/ha	Bosque 2 de pino Número de individuos/ha	Bosque 3 de encino-pino Número de individuos/ha	Pr>F
Altos (≤ 9.9 y ≥ 5 cm de DN)	1096 ± 131 b	1118 ± 224 b	480 ± 93 a	0.0002
Bajos (≤ 4.9 y ≥ 2.5 cm de DN)	1845 ± 288 b	1709 ± 347 b	462 ± 99 a	0.0002

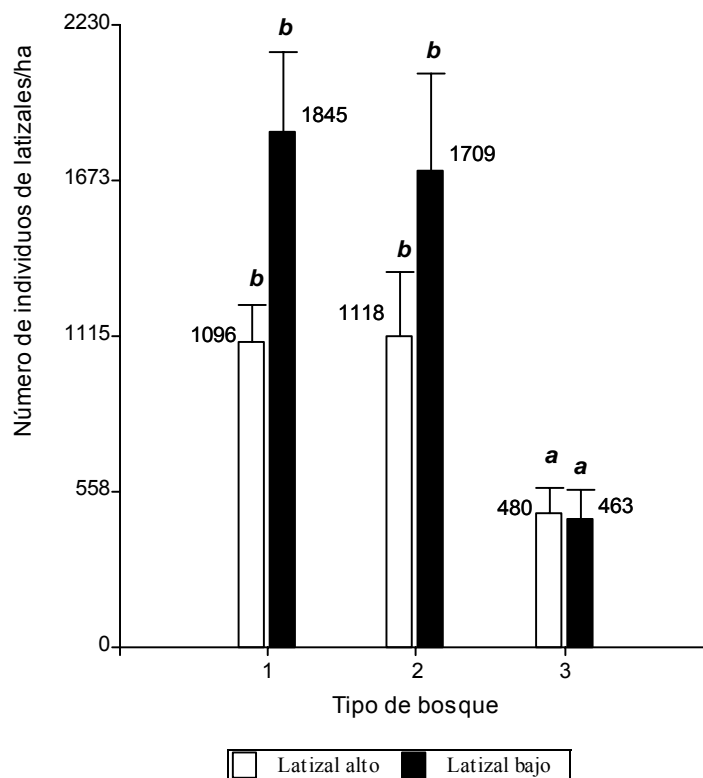


Figura 11. Promedios y error estándar del número de individuos de latizales altos y latizales bajos para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

En lo referente al número total de individuos de brinzales, el ANAVA mostró diferencias estadísticas ($p=0.0024$) entre los bosques. El bosque 1 de encino sin aprovechamiento resultó tener mayor número total de individuos con respecto a los demás tipos de bosques. Los bosques 2 de pino bajo aprovechamiento maderable y 3 de encino-pino sin intervención no presentaron diferencias significativas (Figura 12).

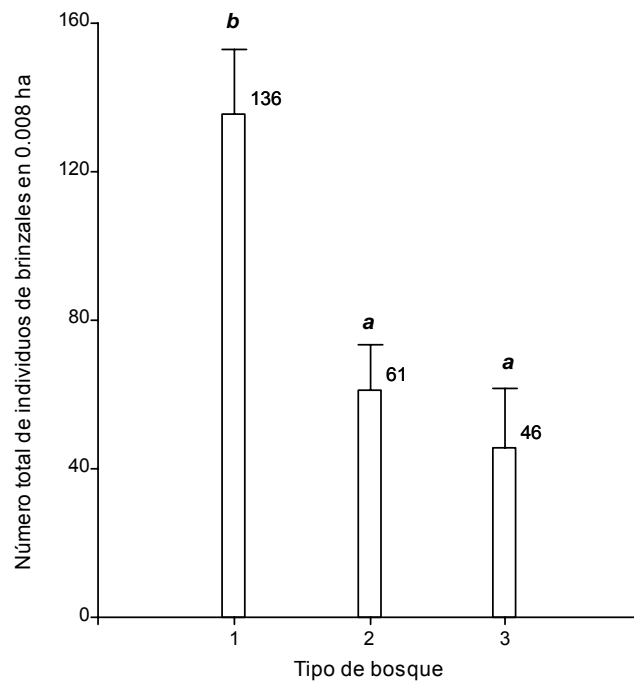


Figura 12. Número total de individuos de brinzales \pm error estándar para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

4.5.2 Diámetro y área basal

El diámetro normal (DN) en fustales el ANAVA indicó que si existe diferencia significativa en los tres tipos de bosques ($p < 0,0001$). El bosque 1 de encino sin aprovechamiento presentó el promedio de 22 cm de DN, el bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable presentó el DN promedio de 16 cm, el bosque 3 de encino-pino presentó el DN de 25 cm. El bosque 3 presentó mayor DN seguido por el bosque 1 y el bosque 2 es el que presentó menor DN. (Figura13).

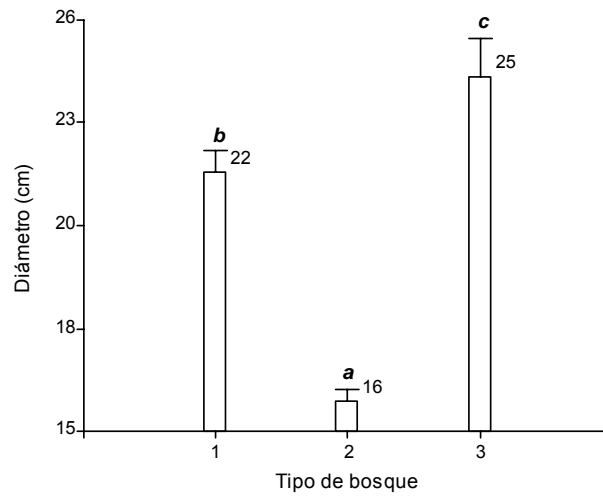


Figura 13. Diámetro \pm error estándar individuos de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

El ANAVA del área basal total (G/ha) de individuos ≥ 10 cm de DN mostró diferencia significativa ($p=0.0025$) entre los bosques. Los bosques 1 de encino sin aprovechamiento y 3 de encino-pino sin aprovechamiento no presentaron diferencia entre ellos. El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento fue el que presentó menor área basal total (Figura 14).

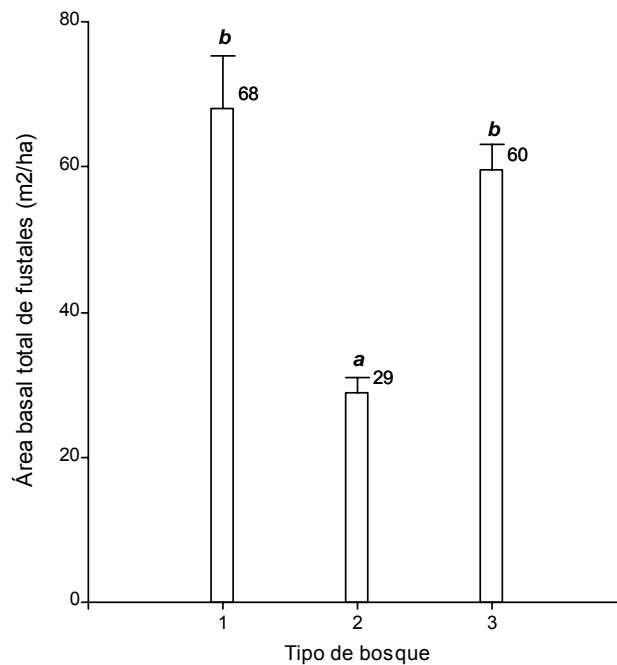


Figura 14. Área basal total \pm error estándar de individuos fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

El ANAVA para el área basal (G/ha) por clase diamétrica de individuos de fustales mostró diferencias estadísticas ($p=0.0001$) entre los bosques. El bosque 1 de encino sin aprovechamiento y el bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento no presentaron diferencias entre ellos. El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable únicamente presentó la mayor concentración del área basal en las dos primeras clases diamétricas y posteriormente la tendencia fue disminuyendo conforme aumentaron las clases diamétricas (Cuadro 9 y Figura 15).

Cuadro 9. Promedios y error estándar de área basal (G/ha) de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Clase diamétrica (cm)	Bosque 1 de encino G (m ² /ha)	Bosque 2 de pino G (m ² /ha)	Bosque 3 de encino-pino G (m ² /ha)	Pr>F
10-14.9	4.36 ± 0.40 a	8.00± 0.73 b	3.80±27 a	0.0001
15-19.9	5.21 ± 0.56 a	9.27±1.20 b	5.20±19 a	0.0011
20-24.9	3.71 ± 0.44 a	6.27± 0.90 b	7.20± 22 b	0.0040
25-29.9	3.50 ± 0.49 a	1.73±0.36 a	7.40± 16 c	0.0001
30-34.9	3.93 ± 0.49 a	0.64±0.20 a	6± 10 c	0.0001
35-39.9	2.86 ± 0.40 b	0.45±0.21 a	4.70± 8 c	0.0001
40-44.9	2.57 ± 0.55 b	0.27±0.19 a	4.50±9 b	0.0030
45-49.9	3.14 ± 0.83 b	0.55±0.39 a	2.30±3 b	0.0291
≥ 50	38.86 ± 6.58 b	1.91±0.68 a	18.70±7 b	0.0001
Total N	67.93 ± 7.41 b	28.82±2.12 a	59.70 ± 56 b	0.0001

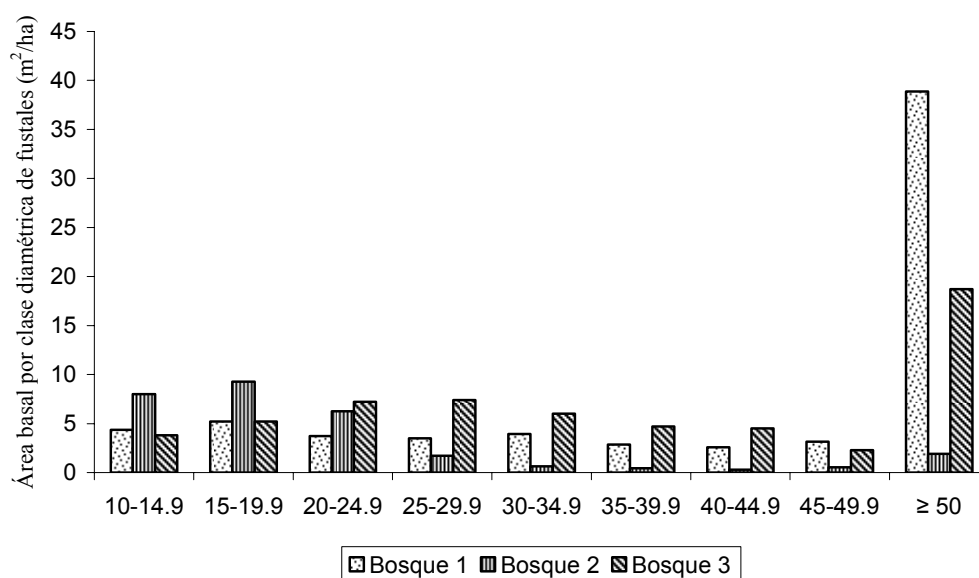


Figura 15. Área basal por clase diamétrica de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable.

El área basal de los bosques 1 y 3 tuvieron la misma tendencia en mantenerse constante y la concentración del área basal aumentó en la última clase diamétrica.

Con respecto al total del área basal de latizales, el ANAVA mostró diferencias significativas ($p=0.0110$) entre los bosques. El bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento resultó con menos área basal con respecto a los demás tipos de bosques. Los bosques 1 de encino sin aprovechamiento y 2 de pino bajo aprovechamiento no presentaron diferencias significativas entre ellos (Figura 16).

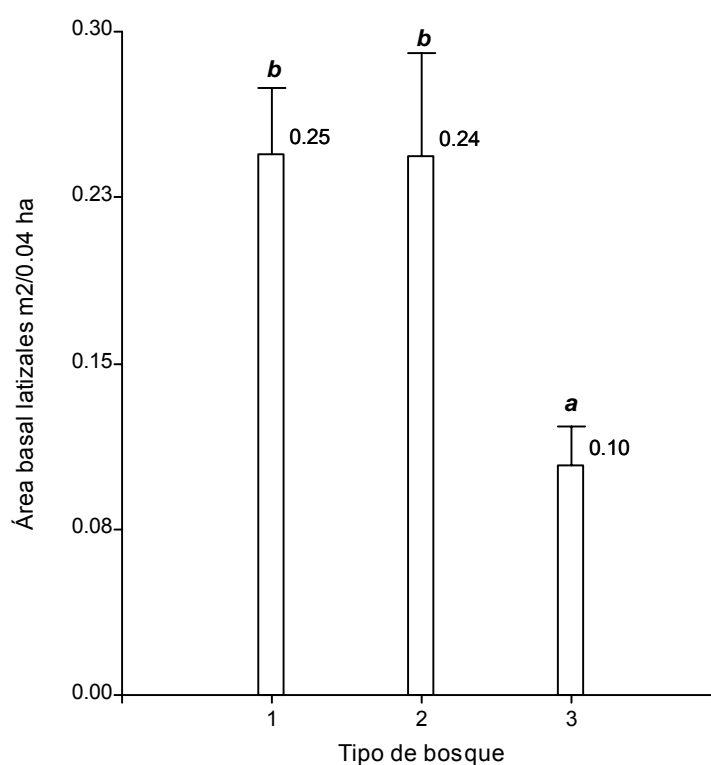


Figura 16. Área basal total \pm error estándar de latizales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

4.6 Análisis de diversidad y riqueza

En los tres tipos de bosques se encontraron 60 especies de plantas leñosas (Anexo 3 listado de especies encontradas) de los cuales 11 especies corresponden a la familia *Pinaceae*, 8 especies de la familia *Fagaceae*, 4 especies de la familia *Lauraceae*, 1 de la familia *Ericaceae*, 2 especies de la familia *Symplocaceae*, 1 especie de la familia *Taxaceae*, 1 especie

de la familia *Betulaceae*, 1 especie de la familia *Burseraceae*, 1 especie de la familia *Theaceae*, 1 especie de la familia *Araliaceae* y 26 especies de latifoliadas que están siendo identificadas en el Herbario Nacional de la Universidad Autónoma de México. Para poder realizar los análisis de los ejemplares sin identificación se realizaron codificaciones mediante la asignación de claves para cada uno de los ejemplares colectados en campo, en el momento que los ejemplares sean identificados hasta el nivel de especie se realizará la actualización de la base de datos.

El ANAVA para el número de especies de fustales mostró diferencias significativas ($p=0.0001$) entre los bosques. El bosque 1 de encino sin aprovechamiento presentó 13 especies con lo cual resultó con más especies. Los bosques 2 de pino bajo aprovechamiento maderable y 3 de encino-pino sin intervención en cuanto al número de especies no presentaron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 10 y Figura 17).

Cuadro 10. Promedios y error estándar del número de especies de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher, letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Bosque 1 de encino	Bosque 2 de pino	Bosque 3 de encino-pino	Pr>F
Número de especies	Número de especies	Número de especies	
13 ± 1.15 b	4 ± 0.47 a	5 ± 0.34 a	0.0001

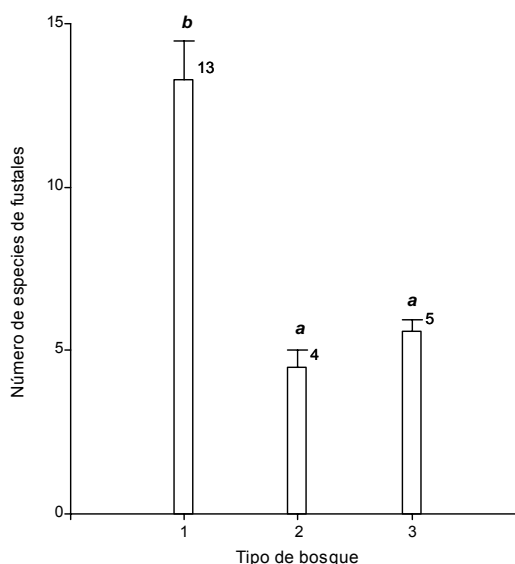


Figura 17. Promedios y error estándar del número de especies de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher, letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

El número de especies de latizales en zonas bajo manejo forestal maderable, fueron clasificados en latizales altos y latizales bajos, el ANAVA mostró diferencias significativas ($p=0.0002$) entre los bosques, El bosque 1 de encino sin aprovechamiento presentó 10 especies con lo cual resultó con más especies. Los bosques 2 de pino bajo aprovechamiento maderable y 3 de encino-pino sin aprovechamiento, en cuanto al número de especies no presentaron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 11 y Figura 18).

Cuadro 11. Promedios y error estándar del número de especies de latizales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Latizales	Bosque 1 de encino Número de especies	Bosque 2 de pino Número de especies	Bosque 3 de encino-pino Número de especies	Pr>F
Altos (≤ 9.9 y ≥ 5 cm de DN)	10 \pm 0.92 b	8 \pm 1.16 b	4 \pm 0.34 a	0.0002
Bajos (≤ 4.9 cm ≥ 2.5 cm de DN)	10 \pm 0.92 b	8 \pm 1.16 b	4 \pm 0.34 a	0.0002

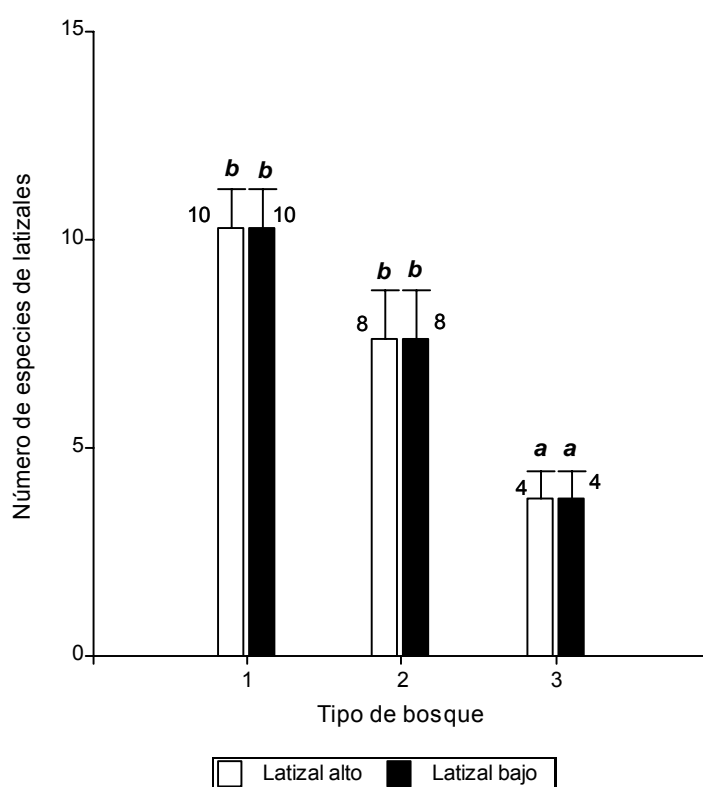


Figura 18. Promedios y error estándar del número de especies de latizales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Para el número de especies de brinzales el ANAVA mostró diferencias significativas ($p=0.0001$) entre los bosques. El bosque 1 de encino sin aprovechamiento presentó mayor número de especies, le sigue el bosque 2 de pino bajo aprovechamiento y posteriormente el bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento (Cuadro 12 y Figura 19).

Cuadro 12. Promedios y error estándar del número de especies de brinzales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Bosque 1 de encino Número de especies	Bosque 2 de pino Número de especies	Bosque 3 de encino-pino Número de especies	Pr>F
11 ± 0.95 c	8 ± 1.12 b	3 ± 0.69 a	0.0001

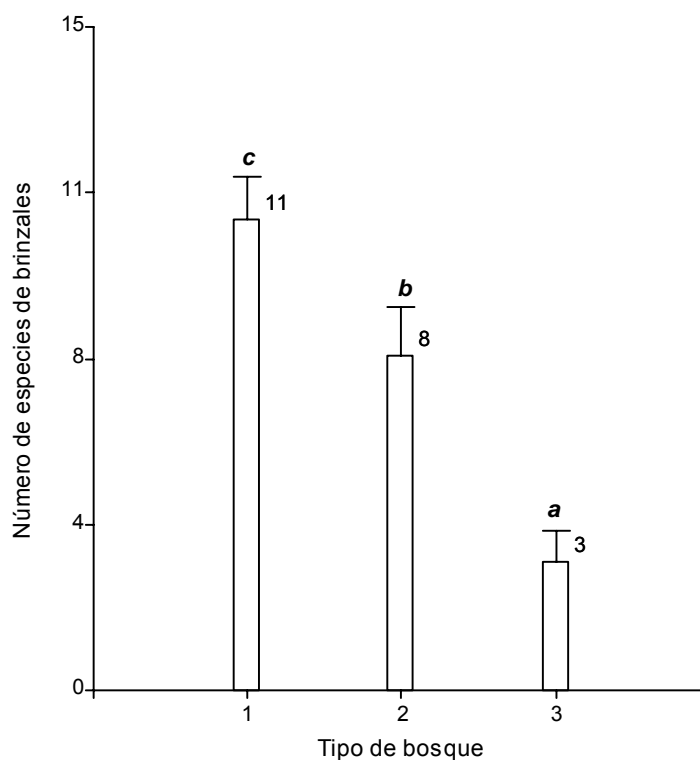


Figura 19. Promedios y error estándar del número de especies de brinzales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Para fustales se obtuvieron valores de los índices de diversidad alpha de Fisher, Shannon y Simpson. El bosque 1 de encino sin aprovechamiento fue el más diverso ($p=0.0001$) (Cuadro 13), ya que reportó los valores mas altos en los índices de Shannon y α

Fisher y el valor más bajo en el índice de Simpson. En cambio el bosque 2 de pino bajo aprovechamiento indicó ser el menos diverso en individuos de fustales.

Cuadro 13. Promedios y errores estándar para índices de diversidad de fustales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Índice de diversidad (cm)	Bosque 1 de encino	Bosque 2 de pino	Bosque 3 de encino-pino	Pr>F
α Fisher	4.30 ± 0.61 c	0.92 ± 0.15 a	1.22±0.10 b	0.0001
Shannon	1.91 ± 0.11 c	0.68±0.08 a	1.10±0.07 b	0.0001
Simpson	0.22 ± 0.03 a	0.64± 0.04 c	0.41±0.03 b	0.0001

De acuerdo a los índices de Alpha, Shannon y Simpson, el bosque 1 de encino sin aprovechamiento fue el más diverso en términos de latizales, ya que reportó valores más altos. En cambio el bosque 3 reportó los valores más bajos por lo que resultó ser el bosque menos diverso (Cuadro 14).

Cuadro 14. Promedios y errores estándar para índices de diversidad de latizales para tres tipos de bosques en zonas bajo manejo forestal maderable. Prueba LSD Fisher. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Índice de diversidad (cm)	Bosque 1 de encino	Bosque 2 de pino	Bosque 3 de encino-pino	Pr>F
α Fisher	5.57 ± 1.36 b	3.59 ±0.77 b	1.55±0.30 a	0.0350
Shannon	1.72 ± 0.12 b	1.59±0.14 b	0.75±0.15 a	0.0001
Simpson	0.25 ± 0.03 a	0.28± 0.04 a	0.59± 0.08 b	0.0001

5 DISCUSION

5.1 Aspectos generales

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con la finalidad de hacer una caracterización estructural y florística con el enfoque a nivel de paisaje para la zona bajo manejo forestal de la Comunidad Indígena de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México. Los resultados del presente estudio muestran la composición florística y estructural de los bosques sin ningún tratamiento silvicultural frente a áreas sometidas a dos tratamientos silviculturales de regeneración que son árboles padre y selección en grupos cada una de ellas localizadas en dos diferentes tipos de bosques clasificados principalmente por la pendiente.

5.2 Clasificación de los tipos de bosques en las áreas bajo manejo forestal

El estudio inicialmente se había enfocado para detectar cambios en la estructura y composición del bosque en diferentes años de aplicación de dos tratamientos silviculturales de regeneración de acuerdo a dos zonas clasificadas principalmente por la pendiente. Se encontraron varios factores que no permitieron realizar los análisis planteados. El principal fue la variación del número de parcelas permanentes en los bosques bajo tratamiento silvicultural por lo que no fue posible un análisis de varianza adecuado. En el análisis de datos tampoco se detectaron cambios a través del tiempo debido a que las diferencias entre los años de intervención fueron muy cortas por lo que no fue posible detectar los cambios. Estos hallazgos son similares a lo de Ramírez (2005) en un bosque bajo aprovechamiento maderable bajo el método de selección en grupos y árboles padre cercano a la zona de estudio, en donde no encontró diferencias significativas entre años de intervención debido a que hubo escasa diferencia en tiempo entre los rodales evaluados y al tiempo de recuperación del rodal desde la última intervención hasta la fecha de medición, tampoco se encontró diferencia significativa entre tratamientos silviculturales de regeneración.

La metodología empleada para el estudio de la estructura y composición del bosque mediante análisis por conglomerados fue muy eficiente debido a que con los datos de Índice de Valor de Importancia se identificaron tres grupos. Esta metodología es muy recomendable

para analizar la estructura y composición del bosque desde un enfoque ecológico y de producción debido a que al emplear el Índice de Valor de Importancia para hacer los conglomerados aumenta la confiabilidad por ser una medida de cuantificación para asignarle a cada especie su categoría de importancia y se obtiene de la suma de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa (Área basal) (Aguirre y Jiménez 1998). Mendoza *et al.* (2005) realizaron rodalizaciones en un área bajo manejo forestal de pino-encino de acuerdo a los tipos de bosques emplearon la misma metodología utilizada en el presente estudio. Compararon sus resultados con las rodalizaciones fisiográficas realizadas de acuerdo al plan de manejo forestal del lugar en donde solo contemplaba el sistema silvicultural Método de Desarrollo Silvicultural, concluyeron que se debe contemplar un sistema silvicultural adicional que permita manejar áreas con aperturas del dosel mas pequeñas para la regeneración y una de las alternativas es el sistema silvicultural Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares.

Gallegos y Hernández (2001) en su trabajo de sistema de información geográfica delimitaron áreas de acuerdo a datos de estructura y composición del bosque para el manejo forestal con enfoque de paisaje en la región costa de Jalisco, México. Mencionan que la clasificación de los bosques mediante el análisis por conglomerados con datos del Índice de Valor de Importancia fue un método muy interesante debido a que se pone énfasis el papel de la producción maderable y la importancia ecológica.

El hecho de que varias PPM de la zona de corta de regeneración de selección en grupos pasaran a formar parte del bosque 1 de encino sin aprovechamiento se debió a que fueron los primeros años de experiencia en aprovechamiento a cargo de la dirección técnica forestal de la UZACHI por lo que la intensidad de aprovechamiento fue muy baja. Musalem y Fierros (1996) mencionan que los criterios de aplicar una baja intensidad de aprovechamiento fueron los principales errores que se cometieron en la aplicación de los tratamientos silviculturales en las zonas de aprovechamiento maderable de bosques de pino-encino. En México en la aplicación de los sistemas silviculturales tales como Método de Desarrollo Silvícola y Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares se cometieron errores técnicos debido a que quedaron muchos árboles remanentes de latifoliadas que dificultan el desarrollo en altura y

diámetro de las especies de pinos (Jardel y Sánchez 1984). Una de las alternativas para mejorar los tratamientos de regeneración para especies intolerantes a la sombra sin perder de vista la importancia de contar con especies de latifoliadas es aplicando cortas de regeneración de selección en grupos con claros más amplios y disminuir los árboles remanentes en el borde para permitir la entrada de luz (Aguirre *et al.* 1992). Para el caso de la aplicación de árboles padre es recomendable abrir claros suficientemente amplios y dejar árboles a distancia de dos veces de su altura total para que cumplan con su función de generar nuevos individuos y disminuir el efecto de sombra en los brinzales, también es un buen criterio dejar de 10 a 20 árboles padre por ha (Jardel 1991). Aparentemente, estos criterios no se aplicaron en la zona de estudio, explicando la falta de diferencias entre los primeros tratamientos y los testigos, y entre los tratamientos entre si.

La forma de dispersión de las semillas de pino es anemócora ya que poseen una estructura alada que permite su dispersión a largas distancias por el viento (Velázquez *et al.* 1985). Una de las desventajas en manejar árboles padre es que las especies de coníferas no producen semilla en todos los años por lo que puede presentarse la dificultad de regeneración natural en las áreas cosechadas (Velázquez *et al.* 1986). Cuando la regeneración natural no se presenta en las áreas intervenidas después de un año es necesario realizar reforestaciones para asegurar el renuevo del bosque (Aguirre *et al.* 1992). Aunque no se tuvieron registros de datos precisos del número de individuos correspondientes a regeneración natural, número de individuos que corresponden a reforestación, podas y preclareos llevados a cabo en la zona de estudio, esta pudo haber influido en la dominancia de pinos en el bosque 2 y la falta de diferencia entre los tratamientos.

5.3 Composición florística de los tres tipos de bosques

Los tres tipos de bosques encontrados en este trabajo de investigación fueron nominados por su composición florística de acuerdo a las especies indicadoras determinados por el Valor de Importancia ecológica. Los tres tipos de bosques encontrados refuerzan con bases científicas varios estudios realizados en México sobre caracterización de los bosques con rasgos fisiográficos y ambientales. La vegetación de México ha sido clasificada y

caracterizada mediante varios criterios, Leopold (1950) realizó trabajos sobre la vegetación con clasificaciones de las comunidades vegetales con base a mapeo de la vegetación en donde proporciona una estimación de la superficie que cada tipo de vegetación ocupa en el territorio Mexicano. Para la zona de estudio Rzedowski (1978) describe que existen manchones de bosque de pino-encino y bosque de encino pero no se alcanza a encontrar bosque dominado por pino. De manera natural la regeneración de pino solo se presenta en lomas y quebradas con mayor exposición a la luz y es amenazado de ser desplazados por especies de encino (Velásquez *et al.* 1985). Existen especies de encinos clasificados como tolerantes a la sombra y especies semitolerantes porque en alguna etapa de su desarrollo necesitan tener exposición de luz de manera directa (Quintana y Espinoza 1993). En los bosques de pino-encino y bosques de encino en la Sierra Norte de Oaxaca pueden estar presentes algunas de estas especies; *Pinus patula*, *P. pseudostrobus*, *P. ayacahuite*, con *Quercus laurina*, *Quercus spp.*, *Abies sp.*, *Arbutus xalapensis*, *Alnus* y *Buddleia* (Miranda y Hernández 1963, Meave 1990, Godínez y López 2002, Mejía *et al.* 2004). Ocasionalmente se encuentran rodales pequeños con *Abies hickeli* y *Cupressus lusitanica* (UZACHI 1993). Salas (2002) menciona que en los bosques de pino-encino se pueden encontrar también especies de *Ternstroemia sp.*, *Persea sp.*, *Litsea glauscescens*, *Fraxinus sp.*, *Oreopanax xalapensis*, *Rapanea jurgensenii* y *Symplocos sp.* De acuerdo a la composición de especies encontrados en el presente estudio se caracterizaron tres tipos de bosques: Bosque de *Quercus ocoteaefolia*, *Symplocos coccinea* y *Quercus aff. eugeniifolia* (Bosque 1 de encino sin aprovechamiento). Bosque de *Pinus patula* y *Pinus pseudostrobus* (Bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable), Bosque de *Arbutus xalapensis*, *Quercus crassifolia* y *Quercus scytophylla* (Bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento).

El bosque 1 de encino sin aprovechamiento y el bosque 3 de encino-pino coinciden con las clasificaciones que realizó la dirección técnica forestal de la UZACHI al momento de realizar el programa de manejo forestal maderable por lo que estas clasificaciones pueden seguir haciéndose para los fines de manejo forestal.

El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable se localiza tanto en la zona de silvicultura intensiva y zona de silvicultura de baja intensidad formado como producto del

manejo forestal, aunque existen dos zonas de aprovechamiento forestal maderable, en la aplicación de los criterios silviculturales origina un solo tipo de bosque. Esta homogenización después de la corta de regeneración es congruente con los criterios del manejo forestal de la UZACHI ya que después permitirá un mayor control en la producción maderable y disminución en los costos de producción (UZACHI 1983, UZACHI 2003a). Debido a la intolerancia del pino a la sombra, el manejo silvicultural que se debe realizar son las tendientes a dar condiciones de proporcionar mayor cantidad de luz, mayor disponibilidad de nutrientes y disminuir la competencia mediante los aclareos (Negreros y Snook 1984, Musalem y Fierros 1996, Carrillo *et al.* 2005). Los principales objetivos que se persiguen en el manejo forestal de pino es crear condiciones de regularización de los bosques (Rodríguez 1990).

En cada tipo de bosque se encontraron variables ambientales asociadas a ellos. Sin embargo la única variable ambiental que determinó la variación del tipo de bosque fue la superficie del claro relacionado al bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable, ésta variable es producto de los tratamientos silviculturales de cortas de regeneración. El pH del bosque 2 presentó un valor más alto con respecto a los otros dos tipos de bosques y parecía indicar alguna variación. De acuerdo a (Fierro 1987) en el análisis del suelo el pH puede variar a escalas pequeñas y no tiene ningún efecto en la cobertura forestal. Para que el pH presente efectos en la vegetación arbórea de pino-encino debe pasar de un rango de acidez a otro (Chavira y Castellanos 1987). El valor del pH encontrado en el bosque 2 no se considera diferente a los otros tipos de bosques bajo estudio debido a que la diferencia es mínima y que también existía la misma posibilidad de ocurrencia en los otros dos tipos de bosques. El tiempo transcurrido entre la aplicación de los tratamientos silviculturales de regeneración y la toma de datos de campo es mayor a 12 años por lo que se considera suficiente para la recuperación de las propiedades físico-químicas en caso de haber sufrido algún cambio (Por ej Maycotte *et al.* 2002, Ángeles *et al.* 1997, Valdés 2004, Chavira y Castellanos 1987).

Se debe mencionar que las variables ambientales evaluadas no fueron suficientes para determinar una asociación fuerte con los tipos de bosques. Villavicencio *et al.* (2005) caracterizaron la estructura y composición de comunidades arbóreas de La Sierra Quila, Jalisco, México., las variables que explicaron la variación en la composición florística

correspondieron a características de elevación sobre el nivel del mar, latitud y longitud, propiedades físicas y químicas del suelo. Aunque las explicaciones de estas variables fueron débiles porque no presentaron un mayor peso discriminante, los autores recomiendan incluir variables ambientales como la topografía, exposición, presencia de disturbio, aspectos históricos de manejo para estudios que tengan los objetivos de caracterizar la estructura y composición del bosque. Algo similar pasó con el presente estudio debido a que faltó incluir otras variables tales como exposición, latitud, longitud, para estudios más minuciosos incluir precipitación y temperatura. De esta manera probablemente se pudiera encontrar alguna variable ambiental con el mayor peso discriminante que explique la variación del bosque. Esto es con la finalidad de conocer e identificar a los elementos propios de cada uno de los tipos de bosques y los factores que las hacen diferentes (Reyes y Martínez 2002). Además, en la selección de los sitios de medición pudo haber un sesgo por cierto micro-ambiente que afectó los valores ambientales pero no afectó la composición y estructura de la vegetación arbórea (por ejemplo, pendiente).

5.4 Estructura de los tres tipos de bosques en áreas sometidas a dos tratamientos silviculturales de regeneración

5.4.1 Número total de individuos

5.4.1.1 Fustales

El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable presentó mayor número total de individuos fustales comparado con los bosques 1 de encino sin aprovechamiento y 3 de encino-pino sin aprovechamiento. Esta diferencia se debe principalmente a los tratamientos silviculturales de regeneración que se están aplicando. A pesar de que se están aplicando dos tratamientos silviculturales de regeneración la respuesta de los tratamientos presentan las mismas tendencias de tener semejanza debido a que se están aplicando los mismos criterios de manejo después de la regeneración (UZACHI 2003a). Esto es debido a los objetivos del manejo forestal en cuanto al cultivo del bosque de pino, en donde al final del turno se cuente con individuos de calidad para el mercado de aserrío, para esto se debe dar el tratamiento silvicultural con tratamientos intermedios (Ángeles *et al.* 1997).

El bosque 2 presentó mayor número de individuos, la mayor concentración de los individuos fue en las primeras dos clases diamétricas, posteriormente disminuyeron conforme aumentaron las clases diamétricas. Se espera que en un futuro pueden tomar una tendencia en la concentración de los individuos en las clases diamétricas en una forma de campana que es característico en bosques coetáneos (Louman *et al.* 2001). Sánchez *et al.* (2003) en el estudio de un bosque mesófilo en Chiapas, México., encontraron que en las zonas en donde anteriormente había sido sometido a la extracción de individuos de diámetros mayores a 10 cm de DN para fines de uso doméstico el número de individuos de renuevo estaban concentrados en clases diamétricas menores, ésta afirmación coincide con lo que se encontró en el bosque 2.

El bosque 1 y bosque 3 presentaron la distribución de individuos en todas las clases diamétricas. En cuanto a la distribución de individuos en los tres tipos de bosques la tendencia fue en J invertida que es una característica de especies tolerantes a la sombra y de rodales intervenidos mediante los métodos de selección (Crow *et al.* 2002; Louman *et al.* 2001). Aunque existen zonas de aplicación de árboles padre en donde se supone que son para áreas de intervención intensiva, pero en la aplicación en campo la apertura del dosel es del mismo tamaño que las cortas de selección en grupos por lo que probablemente la respuesta de la regeneración natural o reforestación tengan comportamientos similares. Esto también encontró Ramírez (2005) en su evaluación de la respuesta de la regeneración después de la aplicación del tratamiento de árboles padre y selección en grupos donde ambos métodos de regeneración tuvieron el mismo tamaño de apertura del dosel, considerándolo un error técnico en la aplicación de los tratamientos.

5.4.1.2 Latizales

En cuanto al número total de individuos de latizales el bosque 1 de encino sin aprovechamiento y el bosque 2 de pino bajo aprovechamiento resultaron ser similares, el bosque que presentó menor número de individuos es el bosque 3 sin intervención. El bosque 2 presenta cantidades similares de individuos que el bosque 1. Para el manejo de bosque de pino-encino se considera que esto es una densidad excesiva. De la Fuente (2001) por ejemplo,

menciona que para la zona de la Sierra Norte de Oaxaca para el cultivo óptimo de latizales en especies de pino no debe rebasar de 2500 por ha. Hernández (2003) evaluó en una zona cercana al estudio la densidad óptima para el desarrollo de tres especies de pinos de categoría de latizales en cortas de regeneración de selección en grupos y árboles padre, encontró que indistintamente del tratamiento silvicultural de regeneración los latizales presentaron mejor desarrollo en altura y diámetro en áreas abiertas sin dosel superior y con densidades bajas. De esta manera se pueden aplicar los aclareos para obtener los productos para el mercado regional (UZACHI 2003a).

Smartwood (2007) en su resumen público de certificación aplicado a la UZACHI en el año 2007, menciona en los apartados de manejo forestal se deben incluir criterios de producción sostenible de tal manera que en las áreas bajo aprovechamiento se cuente con especies nativas asociadas a los cultivos de pino. Al respecto Jardel (1991) menciona que por las exigencias del pino de alta demanda de luz es imprescindible crear condiciones para su buen desarrollo para asegurar la viabilidad económica de los poseedores sin poner en riesgo a las especies nativas. Una de las alternativas para asegurar la persistencia de los recursos nativos de latifoliadas y al mismo tiempo especies de coníferas nativas de interés comercial es mantener franjas amplias en las áreas bajo manejo forestal con un enfoque de tratamiento de áreas protegidas y en zonas bajo tratamiento silvicultural monitorear la respuesta de desarrollo de las especies de interés comercial y latifoliadas asociadas (Godínez y López 2002). Una vez que las especies de pino sean fustales pueden ser combinadas con otras especies de latifoliadas de bajo crecimiento que no representan competencia por lo que en cada tratamiento intermedio pueden ser omitidos en la eliminación.

5.4.1.3 Brinzales

El bosque 1 de encino sin aprovechamiento resultó con mayor número total de individuos, en tanto que el bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable fue similar al bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento. Aguirre *et al.* (1995) mencionan que los nuevos retos del manejo forestal es que adicionalmente a la producción maderable se debe contar con el conocimiento de los cambios en la estructura y composición del bosque como uno de los criterios e indicadores de los cambios ocasionados por el aprovechamiento maderable. Existen

pocos estudios que proporcionan información del historial de los cambios en la estructura y composición del bosque y los existentes en su mayoría corresponden a zonas con alguna categoría de protección (Valiente *et al.* 1995). Salas (2002) menciona que en algunos tipos de bosques en la Sierra Norte de Oaxaca en donde predominan especies de la familia *Fagaceae*, *Symplocaceae*, *Theaceae*, *Lauraceae* y *Buseraceae* se caracterizan por tener la capacidad de regeneración y que logran formar un sotobosque con alta densidad de individuos de brinzales y esto es una característica de especies tolerantes a la sombra. En el bosque 1 de encino se presentaron las especies indicadoras *Quercus ocoteaefolia*, *Symplocos coccinea* y *Ternstroemia sp.*, al igual que las especies de *Quercus aff. eugeniifolia*, *Quercus corrugata*, *Persea americana*, *Pinus ayacahuite*, *Ocotea helicterifolia*, *Symplocos pycnantha*, *Nectandra sp.*, que resultaron con alto valor de importancia y están clasificados como tolerantes a la sombra por lo que cuentan con individuos de latizales desarrollándose en el sotobosque.

El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable y bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento presentaron bajo número de individuos de brinzales. En lo referente al bosque 2 está influido principalmente el manejo forestal ya que para asegurar el establecimiento del nuevo bosque en los primeros 3 años se realizan actividades de eliminación de individuos de especies de encinos y otras latifoliadas. A los diez años de establecida la regeneración se inicia el cierre de copas por lo que es necesario llevar a cabo podas y preaclareos (UZACHI 2003a). En el momento que existe el cierre de copas disminuye la regeneración de las latifoliadas y a esto se debe que en el bosque 2 presentó bajo número de individuos de latizales.

Para el bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento presentó bajo número total de individuos similar al bosque 2 bajo aprovechamiento maderable. Este resultado es debido a que el dosel superior se encuentra cerrado y la mayoría de las especies de este tipo de bosque son intolerantes a la sombra por lo que presentan menor número de individuos de brinzales (Abrams 1990). En un estudio llevado a cabo en la Sierra de Manantlán, Jalisco, México sobre dinámica de un bosque de encino-pino se confirma que existen especies de encino y pino que son intolerantes a la sombra por lo que dificulta su regeneración (Figuroa y Olvera 2000). A esto se le atribuye el bajo número de brinzales en el bosque 2 y en el bosque 3.

5.4.2 Diámetro y área basal

5.4.2.1 Diámetro fustal

El bosque 1 de encino sin aprovechamiento maderable presentó el diámetro de 22 cm por lo que es menor que el bosque 3, pero es mayor que el bosque 2. En un estudio realizado por Meave (1990) en la caracterización de la estructura y composición de bosques dominados por *Quercus ocoteaefolia*, *Symplocos coccinea*, *Persea americana*, *Ocotea helicterifolia*, *Symplocos pycnantha*, *Nectandra sp.*, *Oreopanax xalapensis*, *Pteridium* y *Senecio*, La estructura diamétrica de los bosques tuvieron diferentes patrones de desarrollo debido a que dentro del mismo bosque existen especies tolerantes a la sombra y en menor proporción especies heliófitas.

El bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento presentó mayor diámetro, seguido por el bosque 1 de encino sin aprovechamiento y el bosque 2 se caracterizó por tener menor diámetro. El bosque 3 presenta buen desarrollo diametral debido a que el número de individuos fustales es bajo por lo que cuenta con suficiente espacio para el desarrollo diametral, además no ha sido sometido a una intervención por lo que conserva todos los individuos de mayores diámetros. Las especies de la familia *Fagaceae* mezclado con la familia *Pinaceae* intolerantes a la sombra suelen tener la estructura en diámetro concentrado en clases diamétricas mayores y se caracterizan por contar con baja cantidad de individuos de la misma especie en el sotobosque, las especies que suelen desarrollarse en los estratos inferiores son especies tolerantes a la sombra (Rogers *et al.* 1993). El manejo forestal que generalmente se recomienda en las zonas mezcladas de pino-encino de especies intolerantes a la sombra es crear claros amplios de tal manera que se asegure la regeneración natural del pino y de encino (Figueroa y Olvera 2000).

El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable, es el que presenta menos diámetro normal de los fustales, debido a que ha sido sometido a los tratamientos silviculturales de regeneración por lo que los individuos se encuentran en la etapa de desarrollo juvenil y que no han alcanzado su máximo desarrollo en diámetro. Al momento de aplicar los tratamientos de regeneración se elimina casi la totalidad de los individuos y solo

quedan en pie los árboles que aportarán semillas para el caso del tratamiento de árboles padre (Musalem y Fierros 1996). La edad de los árboles que conforman el bosque 2 oscila entre 14 y 12 años de edad por lo que el crecimiento medio anual del diámetro es de 1.33 cm, se considera que el crecimiento en diámetro aumentará más rápido en los siguientes años con la aplicación de aclareos. El pino de interés comercial en México presenta el mayor crecimiento en altura en los primeros 20 años de edad, posteriormente el desarrollo se concentra en el diámetro por lo que es la etapa ideal para aplicar los aclareos y darle mayor espacio de crecimiento (Klepac 1976; Hocker 1984).

El diámetro normal promedio del bosque 2 es de 16 cm de DN, el desarrollo es bajo si este resultado lo comparamos con el estudio de Monroy y Trinidad (1993) en el Noroeste de Veracruz, México., ya que a la edad de 9 años ya tenía el diámetro de 18 cm, el autor menciona que el manejo mediante aclareos le ha dado buenas condiciones para el desarrollo del diámetro.

5.4.2.2 Área basal fustal y latizal

El bosque 1 de encino sin aprovechamiento y el bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento resultaron ser similares en área basal total. El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento maderable presentó menor área basal.

El bosque 3 a pesar de presentar el menor número total de individuos fustales, pero el hecho de ser el que presentó mayor diámetro reporta un área basal similar al bosque 1.

Al hacer el análisis del área basal por clase diamétrica de manera general se observó que su tendencia en los bosques 1 y 3 se mantuvo con una constancia horizontal en todas las clases diamétricas, aunque disminuyó ligeramente entre las clases diamétricas de 40 a 49.9 y en la última clase diamétrica aumentó, este tipo distribución del área basal es típico de bosques no intervenidos en donde el área basal es similar en todas las clases diamétricas (Musalem y Fierros 1996).

El bosque 2 fue el que presentó menor área basal con respecto a los otros tipos de bosques debido a la remoción de los individuos con mayor área basal para el aprovechamiento maderable y los nuevos individuos de fustales actualmente se encuentran en proceso de desarrollo.

En cuanto al área basal de latizales en el bosque 1 y 2 fueron semejantes debido a que fueron similares en número de individuos, en tanto que el bosque 3 por presentar menor número total de individuos se comportó de la misma manera en el área basal. Para el caso de brinzales el área basal es muy bajo por lo que aún no es relevante su discusión. A partir de que el bosque requiera el tratamiento de aclareo es cuando esta variable empieza a tomar importancia (Klepac 1976).

5.4.3 Riqueza de fustales

El los tres tipos de bosques se encontraron 60 especies de plantas leñosas; 11 corresponden a la familia *Pinaceae*, 8 corresponden a la familia *Fagaceae*, 4 especies de la familia *Lauraceae*, 1 especie de la familia *Ericaceae*, 2 especies de la familia *Symplocaceae*, 1 especie de la familia *Taxaceae*, 1 especie de la familia *Betulaceae*, 1 especie de la familia *Burseraceae*, 1 especie de la familia *Theaceae*, 1 especie de la familia *Araliaceae* y 26 especies de latifoliadas por identificarse. La cantidad de especies encontradas en la zona es muy superior a lo encontrado por otros autores que han realizado estudios relacionados a zonas de manejo forestal maderable en bosques de pino-encino. Ramírez (2005) encontró el total de 25 especies de plantas leñosas y afirma que es una cantidad que se puede considerar baja tal como se espera en un bosque de pino-encino que se caracteriza por tener pocas especies de plantas leñosas. Otro estudio es el de TIASA (2003) cercano al área de estudio. Menciona que se han identificado 25 especies arbóreas, en donde 7 corresponden a especies del género *Pinus*. Figueroa y Olvera (2000) llevaron a cabo un estudio en la Sierra de Manantlán, Jalisco, México sobre dinámica de un bosque de encino-pino, encontraron 20 especies de plantas leñosas en donde mencionan que es la cantidad típica en bosque de pino-encino y de encino. Estos autores admiten que pudiera haber bosques de pino-encino que presentan más cantidades de especies por lo que el tipo de manejo que se le puede dar es diferente al de árboles padre cuando la concentración del número de especies sea alta.

Se considera que el área de estudio posee una gran cantidad de número de especies que hace interesante seguir haciendo estudios de monitoreo para ver las respuestas de las especies después del aprovechamiento maderable. Para poder determinar si alguna especie identificada en el área de estudio se encuentra con alguna categoría de protección se consultó en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 expedida para la protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo (SEMARNAT 2008). En esta revisión no se encontró ninguna especie con alguna categoría de protección por lo que no se cuenta con ningún riesgo en el manejo de las especies en cuanto a las zonas de aprovechamiento.

De las especies encontradas en fustales la mayor concentración se encuentra en el bosque 1 y el resto se distribuye entre los bosques 2 y 3, estos últimos dos boques resultan con cantidades similares en número de especies. Por la cantidad alta de especies presentes en el bosque 1, vale la pena mencionar que la zonificación del manejo forestal como de silvicultura de baja intensidad se justifica no solo por la pendiente abrupta del terreno, sino también porque presenta una gran cantidad de especies. Esto indican la relevancia de realizar el aprovechamiento maderable con el sistema silvícola Método Mexicano de Manejo de Bosques Irregulares con el tratamiento corta de regeneración de selección en grupos (Crow *et al.* 2002). Este tipo de tratamiento de regeneración, sin embargo, es muy cuestionado por las comunidades y del personal técnico de la UZACHI debido a que es muy costoso en lo económico mantener pequeños microrodales de cultivo de especies de pinos de interés comercial, además es muy inoperante en las actividades de cosecha (Merino 2004), y por crear aperturas relativamente pequeñas y pino siendo una especie intolerante a la sombra, se observa un desarrollo muy bajo en altura y diámetro por lo que es muy probable que el turno técnico sea mas del tiempo programado (Negreros y Snoock 1984). Al respecto es recomendable seguir implementando el manejo forestal adaptativo de acuerdo a las necesidades locales, repuesta de las especies de interés comercial en cuanto al tratamiento de regeneración y repuesta de las especies de latifoliadas en las áreas de influencia del aprovechamiento maderable (Jardel 1991).

El bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento es similar al bosque 2 en cuanto al número de especies. Este tipo de bosque por su baja complejidad en riqueza el tratamiento muy adecuado para el manejo forestal es el sistema de manejo es el Método de Desarrollo Silvícola a través del tratamiento de cosecha final corta de regeneración de árboles padre (Valencia y Vargas 1994). De acuerdo a lo observado en campo en esta zona los tratamientos de regeneración de árboles padre fueron mal aplicados al dejar excesivos árboles semilleros y encinos dentro de los claros por lo que el desarrollo de los fustales es muy bajo incluso se llega a confundir con el método de selección en grupos (Musalem y Fierros 1996, Jardel y Sánchez 1984). Ramírez (2005) menciona que en el área de manejo forestal de la Comunidad de Ixtlán, de Juárez, Oaxaca, México los tratamientos de árboles padre fueron mal aplicados dejando excesivos árboles semilleros dentro de los claros lo que está generando muchos problemas en la regeneración. Valencia y Vargas (1994) mencionan que los árboles padre se aplican en superficies que van desde 1 a 4 has por lo que se recomiendan cumplir con los principios que dieron origen al tratamiento para especies tolerantes a la luz.

5.4.4 Riqueza de latizales

El bosque 1 de encino sin aprovechamiento y el bosque 2 de pino bajo aprovechamiento presentaron similares números de especies. El bosque 3 presentó el menor número de especies. El bosque 1 presenta valores altos en número de especies de latizales debido a que pertenecen a latifoliadas tolerantes a la sombra por lo que presenta buenas características de desarrollo en el sotobosque (Meave 1990). En cuanto al bosque 2 el número de especies indica que aun no existe efecto del manejo forestal en cuanto al sotobosque formado por latizales. Por las características del desarrollo del pino a medida que va cerrando sus copas las especies de latifoliadas intolerantes a la sombra van a tender a disminuir (Jardel 1991). Existe una relación estrecha entre el tamaño de los individuos y su número por unidad de superficie en diferentes situaciones competitivas este es el principio de autoaclareo o relaciones interespecíficas de tamaño-densidad (Yoda y Kira 1963, Wéller 1989). La tendencia de los latizales en el manejo del pino es la disminución del número de individuos y en número de especies. A partir de esta etapa del desarrollo es donde empieza a tornar importante la densidad del rodal por lo que se empieza a intervenir mediante podas y raleos (De la Fuente 2001). Para evitar que dentro de un microrodal exista solo una especie o

monocultivo es necesario el conocimiento de las especies que si pueden estar asociados con el cultivo de pino (Jardel 1991, Smartwood 2007). El hecho de contar con la mezcla de especies dentro de una reforestación de pino no siempre será una competencia, existen especies que pueden aportar nutrientes además de disminuir el riesgo de ataque de plagas y enfermedades de las especies de interés comercial, como es el caso de *Alnus acuminata*, *Prunus sp.* y *Lupinus sp.*, fijadoras de nitrógeno y se consideran tolerantes a la sombra de nivel medio (Smartwood 2007). Siguiendo estas recomendaciones en el trabajo de campo se observaron muchas especies no leñosas que se desarrollan bien en el sotobosque y que generalmente son eliminados en los tratamientos intermedios por lo que es necesario omitir la eliminación de las mismas.

5.4.5 Riqueza de brinzales

En cuanto a los brinzales, el bosque 1 de encino sin aprovechamiento resultó tener más especies, le sigue el bosque 2 de pino bajo aprovechamiento y posteriormente el bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento.

El bosque 1 por contar con especies de encino y otras latifoliadas tolerantes a la sombra presenta el mayor número de especies en individuos de brinzales, con este resultado nos permite considerar que es de los bosques con mayor dinamismo (Albert 1999). Ya que de esta manera se incorporan nuevos individuos, de ahí se deriva el bosque incoetaneo, que es uno de los fundamentos en la aplicación del silvicultural Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares mediante el tratamiento de regeneración de selección en grupos (Valencia y Vargas 1994). Con estas características es coincidente con el criterio de la zonificación del área de aprovechamiento maderable de baja intensidad como lo tiene considerado la dirección técnica forestal de la UZACHI. Aunque es necesario ir implementando alguna variante al sistema de selección en grupos para que se desarrollen mejor las especies de interés comercial intolerantes a la sombra y al mismo tiempo considerar la diversidad de especies que posee este tipo de bosque (Ramírez 2005). Una de las alternativas es realizar estudios de monitoreo del comportamiento de las especies de pino y otras latifoliadas a diferentes tamaños de los claros formados por el aprovechamiento maderable (Merino 2004). Por ejemplo Challenger (1998) menciona que en su estudio evaluó la regeneración de especies tolerantes a la sombra y

observó que la regeneración de especies tolerantes a la sombra fue inmediata en claros no mayores de 1500 m² debido a que los claros son pequeños.

El bosque 2 es el segundo en presentar dinamismo ya que presenta buena cantidad de número de especies de brinzales, a pesar de contar con un manejo tendiente a regularizar el bosque sigue siendo importante en cuanto a flujo de organismos (Albert 1999). Se puede considerar que el manejo es muy conservador en cuanto la estructura y composición (Meave 1990). Aunque hay que reconocer que a medida que los individuos del dosel alto se desarrollen la tendencia del sotobosque irá disminuyendo en número de individuos y número de especies, esto por las exigencias del pino en cuanto a espacio de crecimiento (Zepeda y Villareal 1987). A medida que las especies de pino cierran sus copas disminuye la posibilidad de regeneración muchas especies, de esta manera se simplifica la composición del bosque y se cumplen con los objetivos del programa de manejo forestal que es contar con un microrodal o rodal coetaneo al final del turno técnico (UZACHI 2003a, De la Fuente 2001).

El bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento presentó el menor número de especies de brinzales, de esta manera indica que es el que menos presenta dinamismo ya que la incorporación del nuevos individuos en el bosque es menor (Valencia y Vargas 1994, Miranda y Hernández 1963). Esta es una característica de bosques con especies intolerantes a la sombra (Meave 1990). De esta manera se confirma que es coincidente con el plan manejo forestal en considerar en este tipo de bosque como zona de silvicultura intensiva. En este tipo de bosque se aplica el Método de Desarrollo Silvícola con el tratamiento de regeneración de árboles padre. En la aplicación de este sistema ha sido muy cuestionado por las comunidades de la UZACHI debido a que a parte de aplicarlo en una superficie reducida en ocasiones menor a 0.1 ha, se dejaron muchos individuos semilleros que no cumplen con su función debido a la sombra de las copas, también se considera que el bosque de pino-encino cuenta con individuos viejos que ya no producen semillas viables por lo que no ha sido garantía en muchas ocasiones la regeneración natural no se ha dado por lo que se complementa con reforestaciones de plantas provenientes de los viveros locales (UZACHI 2003a, Merino 2004, Musalem y Fierros 1996). Una de las alternativas es ampliar las superficies de aplicación de los tratamientos y los

árboles semilleros deben quedar alrededor del perímetro del claro para que cumpla con la función de generar nuevos individuos (Valencia y Vargas 1994).

5.5 Diversidad de especies

5.5.1 Diversidad fustales y latizales

El bosque 1 de encino sin aprovechamiento presentó mayor diversidad de especies de acuerdo a los índices alpha de Fisher, Shannon y Simpson. El bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento fue el segundo en importancia de presentar diversidad. El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento fue el que presentó menor diversidad de especies.

El bosque 1 por ser el más diverso requiere de un especial cuidado debido a la cantidad de especies que se encontraron, además de presentar una alta pendiente lo que indica mayor vulnerabilidad (Smartwood 2007). Con estos resultados es importante señalar que es coincidente con la zonificación que cuenta la dirección técnica forestal en considerar el aprovechamiento de este tipo de bosque como silvicultura de baja intensidad. Considerando la necesidad de que la comunidad debe continuar con el manejo forestal, es necesario hacer actividades experimentales de los tamaños de los claros para que se logre el buen desarrollo de los pinos y al mismo tiempo se protejan las especies de latifoliadas de importancia ecológica (Jardel 1991, Musalem y Fierros 1996, Fregoso *et al.* 2001, Merino 2004 y Smartwood 2007). Por ejemplo Corral (2005) analizó el efecto de los tamaños de los claros de 0.3 y 0.5 has con iguales características ambientales, los resultados indicaron que se modificó la distribución espacial de los árboles y cambió la diferenciación dimensional, aunque mucho de estos cambios se consideran temporales y que es lo típico que se presenta en un disturbio natural.

La alternativa para el manejo forestal en el bosque 1 es adicionar al actual programa de manejo forestal criterios ecológicos haciendo tratamientos de selección en grupos con base a Índice de Valor de Importancia, composición florística y diversidad todo esto acompañado de un mapa de distribución de los tratamientos silviculturales, esta propuesta es similar a lo recomendado por Ramírez (2005) para la comunidad de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México en

donde menciona que se debe incorporar criterios de diversidad para futuros programas de manejo para la misma comunidad.

El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento fue el menos diverso de los tres tipos de bosques, en cuanto a las variables estructurales igual que el bosque 1 y mejor que el bosque 3. Este bosque se comportará con la misma tendencia en los próximos 40 años que es el tiempo que se considera la finalización del turno técnico (UZACHI 1993, UZACHI 2003b). El aclareo generalmente se aplicará al número de individuos a una intensidad de 30% para el primer aclareo, 20% para el segundo aclareo, en caso de un tercer aclareo 20% o si se omite esta corta intermedia los individuos serán removidos en la cosecha final (De la Fuente 2001, Monroy y Trinidad 1993, SEMARNAT 2003b). Durante la ejecución de los tratamientos intermedios es necesario considerar que existen especies nativas que ayudan en la aportación de nutrientes (Jardel 1991, Valencia y Vargas 1994, Musalem y Fierros 1996, Ramírez (2005). Smartwood (2007) recomienda revisar la aplicación de criterios técnicos de manejo sobre especies de importancia ecológica para disminuir el riesgo de plagas y enfermedades en los bosques bajo aprovechamiento.

EL bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento fue el segundo en importancia en cuanto a diversidad y comparado con los otros dos tipos de bosques el que presentó menores valores en las variables estructurales. Por la característica estructural, florística y diversidad encontrada en el presente trabajo de investigación es coincidente con el criterio topográfico que siguió la UZACHI para la zonificación de este tipo de bosque. Adicionalmente a las recomendaciones técnicas que contempla el programa de manejo forestal, por la dominancia de especies intolerantes a la sombra se pueden aplicar tratamientos de árboles padre que permitan el mejor desarrollo de los brinzales y latizales (Musalem y Fierros 1996, Chacón *et al.* 1998). Una de las alternativas es distribuir los árboles semilleros alrededor de los claros formados por el tratamiento silvicultural (Valencia y Vargas 1994).

6 CONCLUSIONES

Debido a la poca diferencia en años en cuanto a la aplicación de los tratamientos silviculturales no fue posible caracterizar los cambios a través del tiempo en la estructura y composición del bosque de pino-encino. Además que después de la aplicación de 2 tratamientos silviculturales de regeneración en dos tipos de sitios no presentaron diferencias estadísticas en cuanto a estructura y composición, lo que indica una homogenización del bosque después de la aplicación de los tratamientos.

La Comunidad de Capulálpam de Méndez en su zona de aprovechamiento maderable a nivel de ecosistema cuenta con tres tipos de bosques tomando en cuenta la composición florística que presentan.

El bosque 1 de *Quercus ocoteaefolia*, *Symplocos coccinea* y *Quercus* aff. *eugeniifolia* en lo que se refiere a fustales, latizales y brinzales fue el mejor en características; total de individuos, diámetro, área basal, composición, riqueza y diversidad florística, por lo que concuerda con los criterios de la dirección técnica forestal de la UZACHI en considerarlo como una zona de silvicultura de baja intensidad por la topografía accidentada.

El bosque 2 de *Pinus patula* y *Pinus pseudostrobus* presentó en fustales un mayor número total de individuos comparado con los otros tipos de bosques, en número de especies fue igual que el bosque 3. Reportó menor diámetro normal, área basal y diversidad de especies que en los otros tipos de bosque. En latizales presentó las mismas características en número total de individuos, área basal, número de especies que el bosque 1, fue igual al bosque 3 en cuanto a número de especies. Presentó menor diversidad que los otros tipos de bosques. En brinzales fue igual al bosque 3 en cuanto a número total de individuos.

El bosque 2 de pino bajo aprovechamiento fue el menos diverso de los tres tipos de bosques, mientras que en las variables estructurales fue igual que el bosque 1 y mejor que el bosque 3. Por los menos en los siguientes 40 años la diversidad florística irá disminuyendo

dentro los microrodales debido a los tratamientos silviculturales intermedios y de cosecha final.

Bosque 3 de *Arbutus xalapensis*, *Quercus crassifolia* y *Quercus scytophylla*. Para fustales fue igual al bosque 2 en cuanto a número total de individuos, área basal y número de especies. Presentó mayor diámetro normal que en los otros tipos de bosques, fue el segundo en importancia en cuanto a diversidad. En latizales fue menor a los otros tipos de bosques en cuanto a número de individuos, área basal y número de especies. En brinzales fue igual al bosque 2 en cuanto a número de individuos.

EL bosque 3 de encino-pino sin aprovechamiento fue el segundo en importancia de diversidad florística. Es coincidente con los criterios topográficos de la dirección técnica forestal de la UZACHI en considerarlo como una zona de silvicultura intensiva con el tratamiento de regeneración de árboles padre.

Los dos tratamientos silviculturales de regeneración tienen relación con la estructura y composición del bosque en término de los patrones de abundancia, área basal, composición florística, frecuencia y abundancia de la regeneración, no dándose una diferencia significativa entre los tratamientos silviculturales, pero si con el bosque no perturbado.

7 RECOMENDACIONES

Para conocer los cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales es necesario que la dirección técnica forestal de la UZACHI continúe con los procesos del manejo forestal adaptativo y una de ellas es monitorear cada 5 años las parcelas permanentes que se establecieron.

Para el bosque 1 de encino sin aprovechamientos por las características de mayor vulnerabilidad de sufrir cambios por el manejo forestal se sugiere incorporar criterios ecológicos en todos los procesos de producción maderable.

Para el bosque 2 de pino bajo aprovechamiento, se deben retomar criterios para mejorar prácticas silviculturales como es el de identificar especies de importancia ecológica que no representan competencia de las especies comerciales y especies nativas que ayudan en la aportación de nutrientes.

Para el bosque 3 de encino-pino, por la dominancia de especies intolerantes a la sombra se pueden aplicar tratamientos de árboles padre que permitan el mejor desarrollo de los brinzales y latizales mediante la distribución de árboles semilleros alrededor de los claros y aplicación de los criterios prescriptos para árboles padre.

Es recomendable establecer parcelas experimentales en las zonas donde se apliquen los tratamientos silviculturales de regeneración para determinar la superficie óptima de los claros para el buen desarrollo de las reforestaciones de pinos sin que represente la degradación de otras especies existentes en el bosque.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Abrams, D. 1990. Adaptation and responses to drought in *Quercus* species in North America. *Tree Physiol.* 7:227-238.
- Agee, K. y Huff, H. 1985. Structure and proces goals for vegetation in wilderness areas. *Proceedings National Wilderness Research Conference.* Fort Collins, Col. pp.17-25.
- Aguilar M. 1997. Estudio del crecimiento de *Pinus douglasiana* Martínez y *Pinus lawsonii* Roezl. En la región central de Michoacán, México. *Ciencia Forestal.* 22(81):41-70.
- Aguirre, C; Aguirre, A; Muñoz F; González, C; Arteaga, B. 1992. Estudio de algunos factores que afectan el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural de *Pinus montezumae*. *Agrociencia (Serie Recursos Naturales Renovables)* 2(1): 41-53.
- Aguirre, O; Jiménez, J; Katsch, C; Kramer, H. 1995. Desarrollo radial de especies arbóreas en un ecosistema forestal en el noreste de México. *Reporte Científico No. 32.* Facultad de Ciencias Forestales, Linares, N. L., 26 p.
- Aguirre, O. y Jiménez, J. 1998. Evaluación y análisis de la estructura de ecosistemas forestales. En *North American Science Symposium. Toward a Unified Framework for Inventorying and Monitoring Forest Ecosystem Resources.* Guadalajara, México. Pp 416-420.
- Albert, M. 1999. Analyse der eingrißsbedingten strukturveränderung und durchforstungsmodellierung in Mischbeständen. PhD Diss. Faculty of Forest Sciences, Univ. Göttingen, Germany. Hainholz Verlag. pp. 63-68.
- Allen, T.F.H. y Hoekstra, T.W. 1994. *Toward a Unified Ecology.* Columbia University Press, New York, USA. (s.p.).
- Ángeles, G; Velásquez, A; Vargas, J; Velásquez, J; Musalem, M. 1997. El control de malezas y la disponibilidad de luz y agua durante el establecimiento de un rodal natural de *Pinus patula*, en México. *Invest. Agr. Sist. Recur. For.* 6 (1 y 2):133-145.
- Becerra, L. 1986. Determinación de una guía de densidad para *Pinus patula* Schdl. En Chignahuapan, Zacatlán, Pue. Tesis de M. en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 82 pp.
- Bratton, P; White, S; Harmon, E; 1980. Disturbance and recovery of plant communities in Great Smoky Mountains National Park: Successional dyanamics and concepts of naturalness. *Proceedings 2nd U.S.-U.S.S.R. Symposium on Biosphere Reserves.* U.S.-MAB, Washington DC pp. 42-79.
- Carrillo, A; Acosta, M; Flores, E y Buendía, E. 2005. Teorema ambiental. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.* México, D.F. 52:25-35.
- Castañón, L. 1962. Evaluación de la calidad de estación de *Pinus patula* en el norte de Oaxaca. *Boletín Técnico.* No.2. INIF. México. 32 p.
- Chacón, M; Velásquez, A; y Musálem, M. 1998. Comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica* Engelm., bajo diferentes coberturas. *Maderas y Bosques* 2 (4): 39-44.
- Challenger, A. 1998. *La Zona ecológica templada húmeda de México.* CONABIO-Instituto de biología, UNAM-Agrupación Sierra Madre, A. C. 448 p.
- Chapela F. 1997. Certificación Forestal Avances y perspectivas en América Latina y del Caribe. El proceso mexicano del Forest Stewardship Council. In *memorias de la primera conferencia regional sobre certificación forestal.* Turrialba, Costa Rica del 08 y 09 de Diciembre de 1997. CATIE. Turrialba Costa Rica. 1998. 129 p.

- Chapela, F. y Lara, Y. 1999a. La Planeación Comunitaria del Manejo del Territorio. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. México 45 p.
- Chapela, F. y Lara, Y. 1999b. El papel de las comunidades campesinas en la conservación de los bosques. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. México 45 p.
- Chavira, G. y Castellanos, J. 1987. Sales solubles. pp. 109-124. En: A. Aguilar, J.D. Etchevers y J.Z. Castellanos (eds). Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial No. 1.
- Corral, J; Aguirre, O; Jiménez, J; Corral S. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña El Cielo, Tamaulipas, México. Investigación Agraria Sistema de Recursos Forestales. 14(2): 217-228.
- 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.
- Dale, V; Peterson, C; Joyce, L; Swanson, F; McNulty, S; Stocks B; Neilson, R; Wotton, B; Ayres, M; Flannigan, M; Hanson P; Irland, L; Lugo, A. 2001. Climate Change and forest disturbances. American Institute of Biological Sciences. BioScience, 51 (9); 723-734.
- Daniel, T; Helms J; Baker, F. 1982. Principios de silvicultura. Segunda Ed. Traducción del Ingles por R. Elizondo M. McGraw Hill. México. 490 p.
- Delgado, D; Finegan, B; Zamora, N; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica, cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. CATIE. Num. 298: 55 p.
- De la Fuente E., A. 2001. Apuntes del curso de Manejo Forestal. Inédito. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23. Exhacienda de Nazareno, Xoxocotlán Oaxaca. (sp.).
- Detwyler, T. 1971. Summary and prospect. En: Detwyler, T.R. (Comp.), Man's impact on environment. McGraw-Hill. Nueva York. (s.p.).
- DGAF (Dirección General de Aprovechamiento Forestales). 1984. Normas mínimas de calidad para la formulación de estudios dasonómicos en bosques. Subsecretaría Forestal. SARH. 9 p.
- Eguiluz, P. T. 1982. Clima y contribución del género Pinus. Ciencia Forestal. 7:30-44.
- FAO-UNESCO. 1990. Mapa mundial de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 60: 142 p.
- Favela, L. 1998. Taxonomía de los pinos del Noreste de México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ecología, Laboratorio de Vida y Fauna Silvestre. 29 p.
- Fierro, C. 1987. Resultados de investigación sobre ecología y manejo de pastizales en el norte de Durango 1978-1987. CIFAED INIFAP-SARH. Publicación especial Núm.2. 70p.
- Figueroa, B y Olvera, M. 2000. Dinámica de la composición de especies en bosques de *Quercus crassipes* en Cerro grande, Sierra de Manantlán, México. Agrociencia.34 (1):91-98.
- Foster, P. 1993. Digestion and absorption in Functional Physiology. Butterworth Heinemann. pp. 85-112.
- Fregoso, A; Velásquez, A; Brocco, G; Cortéz, G. 2001. El enfoque de paisaje en el manejo forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. No. 46: 58-77.

- Gadow, K. V; S. Sánchez O. y O.A. Aguirre C. 2004. Manejo forestal con bases científicas. *Madera y Bosques* 10(2):3-16.
- Gallegos, A. y Hernández, E. 2001. Reporte Técnico del proyecto desarrollo de un sistema de información geográfica (SIG) para el manejo de bosques tropicales en la región Costa de Jalisco, México. Predio Las Agujas municipio de Zapopan, Jalisco, Méx. 220 p.
- Gallo M. 1999. Identificación de tipos de bosques primarios en la zona Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 88 p.
- García., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. 246 p.
- Godínez, L. y López M. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 73(2):283-314.
- González, D. 1997. Calidad de sitio, crecimiento e incremento de la regeneración de *Pinus rudis* Endl. De la región de San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 121 p.
- Guerrero, FG. 2005. Caracterización poblacional de cinco especies arbóreas ecológicamente importantes para el corredor biológico Turrialba Jiménez, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 58 p.
- Hawley, C. y Smith, D. 1972. Silvicultura práctica. Traducción al español Por J. Terradas. Omega. Barcelona, España. 544 p.
- Hernández, I. 2003. Crecimiento de tres especies de pino plantadas bajo dos tratamientos silvícolas en Santiago Comaltepec, Ixtlán, Oaxaca, México. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 83 p.
- Hocker, H. 1984. Introducción a la biología forestal. Traducción del inglés. Edit. AGT, S.A. México, D. F. 446 p.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 1994. Norma oficial Mexicana NOM-061-ECOL-1994, que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal. 5 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1984. Carta topográfica. E14-D28 Esc. 1: 50,000 Oaxaca, Oax., México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1993. Anuario estadístico Oaxaca. INEGI Oaxaca. 485 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. Superficie forestal por ecosistema según formación primaria y vegetación secundaria en el año 2000. Boletín informativo. Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica (SNEIG). 33 p.
- IFMN (International Forest Model Network). 2003. Guía para el desarrollo del Bosque Modelo. Ottawa, CA. 18 p.
- InfoStat (2004). InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 318 p.
- Jardel, E; Sánchez L. 1984. La sucesión forestal, fundamento ecológico de la silvicultura. *Ciencia y Desarrollo*. 14(84):35-43.
- Jardel, E. 1991. Perturbaciones naturales y antropogénicas y su influencia en la dinámica sucesional de los bosques de Las Joyas, Sierra de Manantlán, Jalisco. *Tiempos de Ciencia* 22:9-26.

- Jardel, E. 1992. Estrategia para la conservación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Ed. Universidad de Guadalajara, Jal., México. 316 p.
- Jiménez, J; Aguirre, O; Kramer, H. 1991. Breve análisis sobre la situación actual de los recursos forestales en México. Reporte Científico No. Esp. 7. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, N. L., México. 21 p.
- Jiménez, J; Aguirre, O; Kramer, H. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. Investigación Agraria No. 10 (2). (s.p.).
- Kleinn, C; Morales, D. 2002. Consideraciones metodológicas al establecer parcelas permanentes de observación en bosque natural o plantaciones forestales. Revista Forestal Centroamericana. No. 39 (40): 6-12.
- Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 p.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y su especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Instituto de Silvicultura de la Universidad de Göttingen. Eschborn, DE. 335 p.
- Leopold, A. S. 1950. Vegetation zones of Mexico. Ecology 1950, 31(4):507-518.
- Louman, B; Valerio, J; Jiménez, W. 2001. Bases ecológicas. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie técnica N. 46: 21-78.
- Louman, B; De Camino, R. 2004. Aspectos generales de la Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. Manual técnico Núm 56:1-53.
- Magurran, A. 1988. Diversidad ecológica y su medición. (Traducción de Cirer, A.). Ediciones Vedral, Barcelona, ES. 197 p.
- Márquez, M; González, E; Alvarez, R. 1999. Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino-encino de Durango, México. Maderas y Bosques.5(2):67-78.
- Mas, J; Pahua, A. 1989. El sitio permanente de experimentación silvícola La Nieve a 27 años de su establecimiento. Ciencia Forestal. No. 66 (14):44-96.
- Masera, O; Masera, D; Nadia, L. 1998. Dinámica y uso de los recursos forestales de la región Purépecha. El papel de las pequeñas empresas artesanales, GIRA, México. Mundi-Prensa. México, D. F. 160 p.
- Maycotte, A; Velásquez, A; Vargas, J; Trinidad, A; Musálem, M; Vera, G. Radiación fotosintéticamente activa y propiedades físico-químicas en suelos forestales con y sin incendio. Madera y Bosques 8(2):39-55.
- Meave, J. 1990. Estructura y composición de la selva alta perennifolia de los alrededores de Bonampak, Chiapas, México. INAH. México, D. F. 52:31-77.
- 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 10 de Noviembre de 2006. Disponible en: [http://www.ecología.edu.mx/folemtex/documentos/FEM43\(3\)4.pdf](http://www.ecología.edu.mx/folemtex/documentos/FEM43(3)4.pdf).
- Mejía, N; Meave, J; Ruíz, C; 2004. Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, México. Boletín Sociedad Mexicana de México. 74:13-29.
- Mendoza, R; Robles, N. 1967. Investigación forestal en la UIEF Michoacán de Occidente primer quinquenio del sitio permanente La Nieve. En memoria de la tercera Convención Nacional Forestal, México, D. F. (s.p.).

- Mendoza, A; Fajardo, J; Zepeta, J. 2005. Manejo de paisaje una interpretación práctica para la elaboración de un programa de manejo forestal para el aprovechamiento maderable. Boletín Silvicultura de Manejo del Paisaje. Atenguillo, Jalisco, México. 54 p.
- Merino, L. 2004. Conservación o deterioro, el impacto de las políticas públicas en las instituciones comunitarias y en las prácticas de uso de los recursos forestales. Instituto Nacional de ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 331 p.
- Miranda, F. y Hernández, X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación, Bol. Soc. Bot. Méx., Num. 28: 28-79. México, D. F.
- Monroy R., M. R. y A. Trinidad H. 1993. Plantaciones comerciales a turnos cortos de *Pinus patula* en el Noroeste de Veracruz. Folleto No. 22. SARH-INIFAP-CIRGC. México, D. F. 24 p.
- Montesinos JL. 1995. Pino (*Pinus oocarpa* Schiede). Revista Forestal Centroamericana No. 12, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 60 p.
- Moreno, C.2001. Métodos para medir la Biodiversidad. Zaragoza, Es., M&T-Manuales y Tesis SEA. V. 1, 84p.
- Mummery, M; Battaglia, C; Beadle, L; Turnbull, R; McLeod, R. 1999. An application of terrain and environmental modelling in a large-scale forestry experiment, Forest Ecology Management, 118:149-159.
- Murrieta, A. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 125 p.
- Musalem, M y Fierros, J. 1996. Curso de silvicultura de bosques naturales. México, D. F. 1 Disco compacto 8 mm. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Negreros, P. y L. Snook. 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.
- Oliver, D. y Larson, B. 1990. Forest stand dynamics. McGraw Hill, New York. 304 p.
- Palik, B. and Engstrom, T. 1999. Species composition, en Hunter. Maintaining biodiversity in forest ecosystems, Reino Unido, Cambridge, 94 p.
- Prodan, M; Peters, R; y Real, P. 1997. Mensura forestal. Proyecto IICA/GTZ. San José Costa Rica. 561 p.
- Quevedo, L. 1986. Evaluación del efecto de la tala selectiva sobre la renovación de un bosque húmedo subtropical en Santa Cruz, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 221 p.
- Quintana, P. y Espinosa, M. 1993. Afinidad fitogeográfica y papel sucesional de la flora leñosa de los bosques de pino-encino en los Altos de Chiapas, México. Acta Bot. Mex. 21:43-57.
- Ramamoorthy, T. P; Bye, R; Lot, A; J. Fa. 1993. Biological Diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. New York. 812 p.
- Ramírez M. y Zepeda B. M. 1994. Rendimientos maderables de especies forestales, actualidades de México. In; Memorias de la IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SFFS-INIFAP. México. D. F. pp. 15-21.
- Ramírez, R. 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 Juárez, Oaxaca, México. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 86 p.
- Ramos B, Z. Sh. 2004. Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 114 p.

- Reyes, J. y Martínez, D. 2002. El futuro de la vegetación de México. *Revista elemento, ciencia y cultura*. 47(9):25-45.
- Rodríguez, R. 1990. Segundo estudio dasonómico del estado de México. Secretaría de Desarrollo Agropecuario Protectora de Bosques. Documento interno. Estado de México. 334 p.
- Rogers, R; Johnson, S; Loftis, L. 1993. An overview of oak silviculture in the United States: the past, present and future. *Ann. Sci. For.* 50: 535-542.
- Romme, W. 1982. Fire and landscape diversity in subalpine forests of Yellowstone National Park. *Ecological Monographs* 52 (2): 199-221.
- Rzedowski, J; Vela, G; Madrigal S. 1977. Algunas contribuciones a cerca de la dinámica de los bosques de coníferas en México. *Ciencia Forestal en México INIFAP*. 5 (2):15-35.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la Flora Fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14: 3-21.
- Richardson, D. 1998. *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge. 519 p.
- Salas, S. 2002. Relación entre la heterogeneidad ambiental y la variabilidad estructural de los bosques de pino-encino de Oaxaca, México. Tesis de maestría de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 101 p.
- Santiago, L. y Jardel, E. 1993. Composición y estructura del bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlan, Jalisco-Colima. *Biotam* no. 5:13-26.
- SARH (Secretaría de Recursos Hidráulicos). 1984. Normas mínimas de calidad para la formulación de estudios dasonómicos en bosques, manual de aplicación del método de desarrollo silvícola. Subsecretaría Forestal. México, D. F. 298 p.
- Saunders, D; Hobbs, R; Margules, C. 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation. *Conservation Biology*. 5(1):18-32.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003a. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de México. *Diario Oficial de la Federación*. México. 25: 5-54.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003b. Oficio de autorización para el aprovechamiento maderable de la comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México permiso de aprovechamiento SEMARNAT-SGPA-AR-1774-03 de fecha: 17/07/03. sp.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2004. Documento estratégico rector del inventario forestal nacional forestal y de suelos. *Manual Técnico Operativo de la SEMARNAT*. 22(2):22-79.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México). 2008. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de la lista de especies en riesgo. Instituto Nacional de Ecología. Consultado 15 de Enero de 2008. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/normas/rec_nat/no_059_a2g.html.
- Smartwood, 2006. Resumen Público de la Certificación de Manejo Forestal de la Unión de Productores Forestales Zapotecas-Chinantecas de la Sierra de Juárez de R.I. (UZACHI) Certificado: SW-FM/COC-011 auditorias anuales 2004, 2005 y 2006. Certificador Smart Wood Program 61 Millet Street Richmond, VT 05477 USA. 48 p.

- Smartwood, 2007. Resumen Público de la Certificación de Manejo Forestal de la Unión de Productores Forestales Zapotecas-Chinantecas de la Sierra de Juárez de R.I. (UZACHI) Certificado: SW-FM/COC-011 auditorias anuales 2004, 2005, 2006 y 2007. Certificador Smart Wood Program 61 Millet Street Richmond, VT 05477 USA. 48 p.
- Sosa, C. V. 1981. Inventarios forestales. Ciencia Forestal en México INIFAP. 31 (6):19-42.
- Symstad, A; Chapin, F; Wall, D; Gross, K; Huenneke, L; Mittelbach, G; Peters, D; Tilman, D. 2003. Long-term and large-scale perspectives on the relationship between biodiversity and ecosystem functioning. *Bio-Science* 53: 89-98.
- Spurr, S. y Barnes, B. 1982. Ecología Forestal. AGT. Editor México. 690 p.
- TIASA (Tecnica Informática Aplicada S.A.). 2003. Programa de manejo forestal para la comunidad de Ixtlán, de Juárez, Oaxaca, México. 231 p.
- Toledo, V. y Ordoñez De J, MA. 1993. The Biodiversity Scenario of Mexico: A Review of Terrestrial Habitats, En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distributions*. Oxford University Press, New York. Pp. 757-777.
- Torres, J. 2000. Sostenibilidad del volumen de cosecha calculado con el método Mexicano de Ordenación de Montes. *Madera y Bosques*. 6(2):57-72.
- Turner, C; Blair, JM; Scharts, R; Neel, JC. 1997. Soil and plant responses to fire, topography, and supplemental in tallgrass prairie. By The Ecological Society of América. *Ecology*, 78 (6): 332-343.
- Unión de Comunidades Forestales Zapotecas-Chinantecas (UZACHI). 1993. Dirección Técnica Forestal. Programa de Manejo Forestal para el predio de Capulálpam de Méndez, Municipio del mismo nombre. Distrito de Ixtlán, Oaxaca, México. 200 p.
- Unión de Comunidades Forestales Zapotecas-Chinantecas (UZACHI). 2003a. Dirección Técnica Forestal. Programa de Manejo Forestal para el predio de Capulálpam de Méndez, Municipio Capulálpam de Méndez, Distrito de Ixtlán, Oaxaca, México. Tomo I, 200 p.
- Unión de Comunidades Forestales Zapotecas-Chinantecas (UZACHI). 2003b. Dirección Técnica Forestal. Programa de Manejo Forestal para el predio de La Trinidad, Municipio Santiago Xiacuí, Distrito de Ixtlán, Oaxaca, México. Tomo I, 120 p.
- Vaides, E. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 81 p.
- Valdés, M; Córdova, J; Valenzuela, R; Fierros, M. 2004. Incremento del fitopatógeno *Armillaria mellea* (Vahl.:Fr.) Karsten en bosque de pino-encino, en relación al grado de disturbio por tratamiento silvícola. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 10 (2):99-103.
- Valencia, S. y Vargas H. 1994. Variación genética en la velocidad de crecimiento y características de la madera en una plantación joven de *P. patula*. In: *Memorias de la IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales*. SFFS-INIFAP. México. D. F. 64 p.
- Valerio, J. 1995. Diagnóstico silvicultural. Proyecto Reforma. Cartago, Costa Rica. 24 p.
- Valiente, A; González, A; Piñero, D. 1995. La vegetación selvática de la región de Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Acta Botánica Mexicana*. 33:1-36.
- Varela H y Aguilera R. 1999. Breve descripción de los recursos forestales de México. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Programa nacional de reforestación/FAO MONTES. En línea (12 de Noviembre de 2006) http://www.fao.org/docrep/007/ad102s/AD102S16.htm#p7474_315389.

- Velázquez A; Keyes; Zárate, G. 1985. Influencia de la intercepción de la luz solar en el crecimiento de la regeneración artificial de *Pinus hartwegii* Lindl. In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Pub. Esp. No. 48. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. pp: 579-594.
- Velásquez, A; Musálem, M, Keye, M; Zárate L. 1986. Influencia del tratamiento al suelo y la condición de apertura del dosel en el establecimiento inicial de la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl. Agrociencia 64:147-170.
- Velázquez, A; Bocco, G; Torres, A. 2001. Turning scientific approaches in to practical conservation actions. Environmental Management. no. 5:216-231.
- Villavicencio, R; Bauche, P; Gallegos, A; Santiago, A; Huerta, F. 2005. Boletín Ibug. 13 (1):67-76.
- Wagner, H. y Kay, E. 1993. Natural or Healty Ecosystems: are U.S. National Parks providing them? En: McDonnell, M.J. y S.T.A. Pickett (Eds.). 1993. Humans as Components of Ecosystems. Springer Verlag. Nueva York. Pp. 257-270.
- Yoda, K; Kira, T; Ogawa, H; Hozumi, K. 1963. Intraespecific competition among higher plants. Jour. Biol. Osaka City Univ. 14: 107-129.
- Zepeda, E. y Villareal, E. 1987. Guía de densidad para *Pinus hartwegii* Lindl. De Zoquiapan, Méx. Div. Ciencia Forestal de la Universidad Autónoma de Chapingo, México. 52 p.

ANEXOS

Anexo 1. Distribución de las parcelas permanentes de monitoreo silvicultural (PPMS) bajo los tratamientos corta de regeneración de árboles padre (CRAP) y corta de regeneración selección en grupos (CRSG).

Tratamiento	Tipo de bosque	Ensayo	Año establecido	Repetición	Sup del claro (ha)
P1TESBI	1	CRSG	TES	1	0.000
P2TESBI	1	CRSG	TES	2	0.000
P3TESBI	1	CRSG	TES	3	0.000
P4TESBI	1	CRSG	TES	4	0.000
P5TESBI	1	CRSG	TES	5	0.000
P6TESBI	1	CRSG	TES	6	0.000
P7TESBI	1	CRSG	TES	7	0.000
P8TESBI	1	CRSG	TES	8	0.000
P9TESBI	1	CRSG	TES	9	0.000
P10TESBI	1	CRSG	TES	10	0.000
P11TESINT	3	CRAP	TES	1	0.000
P12TESINT	3	CRAP	TES	2	0.000
P13TESINT	3	CRAP	TES	3	0.000
P14TESINT	3	CRAP	TES	4	0.000
P15TESINT	3	CRAP	TES	5	0.000
P16TESINT	3	CRAP	TES	6	0.000
P17TESINT	3	CRAP	TES	7	0.000
P18TESINT	3	CRAP	TES	8	0.000
P19TESINT	3	CRAP	TES	9	0.000
P20TESINT	3	CRAP	TES	10	0.000
P21RSG93	1	CRSG	Año1993	1	0.414
P22RSG93	1	CRSG	Año1993	2	0.243
P23RSG93	1	CRSG	Año1993	3	0.420
P24RSG94	2	CRSG	Año1994	1	0.239
P25RSG94	2	CRSG	Año1994	2	0.370
P26RSG94	2	CRSG	Año1994	3	0.310
P27RSG95	2	CRSG	Año1995	1	0.220
P28RSG95	2	CRSG	Año1995	2	1.326
P29RSG95	1	CRSG	Año1995	3	1.326
P30RAP93	2	CRAP	Año1993	1	0.328
P31RAP94	2	CRAP	Año1994	1	0.685
P32RAP94	2	CRAP	Año1994	2	0.462
P33RAP94	2	CRAP	Año1994	3	0.316
P34RAP95	2	CRAP	Año1995	1	0.250
P35RAP95	2	CRAP	Año1995	2	0.200
CRAP	Corta de regeneración de árboles padre			TES	Testigo
CRSG	Corta de regeneración selección en grupos				
Fuente: Programa de manejo forestal de Capulálpam, Ixtlán, Oaxaca México					

Anexo 2. Porcentaje de índices de valor de importancia (IVI) de las especies con mayor peso ecológico en los tres tipos de bosques identificados en áreas bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.1 ha con DN ≥ 10 cm.

Bosque 1		Bosque 2	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Pinus patula</i>	23.83	<i>Pinus patula</i>	57.45
<i>Symplocos coccinea</i>	8.47	<i>Pinus pseudostrobus</i>	14.91
<i>Pinus pseudostrobus</i>	8.33	E88**	3.58
E18**	8.07	<i>Pinus ayacahuite</i>	3.44
<i>Pinus ayacahuite</i>	6.08	<i>Quercus crassifolia</i>	3.18
<i>Quercus ocoteaefolia</i>	5.74	E77**	2.45
<i>Quercus aff. eugeniifolia</i>	3.42	E80**	2.30
E6**	3.42	<i>Phoebe sp.</i>	1.63
<i>Quercus corrugata</i>	3.34	<i>Quercus aff. eugeniifolia</i>	1.60
E49**	3.24	E18**	1.59
<i>Quercus crassifolia</i>	2.23	<i>Alnus firmifolia Fernald</i>	1.50
<i>Symplocos pycnantha</i>	2.00	E81**	1.19
<i>Persea americana</i>	1.99	<i>Pinus rudis</i>	1.07
<i>Oreopanax xalapensis</i>	1.65	<i>Pinus teocote f. quinquefoliata Martínez</i>	1.01
<i>Phoebe sp.</i>	1.46	E82**	0.78
<i>Ocotea helicterifolia</i>	1.28	<i>Quercus scytophylla</i>	0.78
E42**	1.25	<i>Pinus pseudostrobus var. coatepecensis</i>	0.76
E80**	1.24	<i>Oreopanax xalapensis</i>	0.75
E27**	1.16	**Ejemplares no identificados	
E16**	1.05	Bosque 3	
<i>Nectandra sp.</i>	0.98	Especie	IVI (%)
E81**	0.95	<i>Quercus crassifolia</i>	20.56
Familia Lauraceae	0.83	<i>Quercus scytophylla</i>	18.29
<i>Quercus eugeniifolia</i>	0.79	<i>Pinus pseudostrobus var. coatepecensis</i>	14.48
E31**	0.77	<i>Pinus teocote</i>	7.59
E36**	0.65	<i>Pinus patula</i>	6.94
E41**	0.61	<i>Pinus rudis</i>	6.93
E2**	0.57	<i>Arbutus xalapensis</i>	4.84
<i>Taxus globosus</i>	0.53	<i>Pinus pseudostrobus var. estevezii Martínez</i>	4.55
E25**	0.49	<i>Pinus leiophylla Schl. et Cham</i>	3.62
E43**	0.44	<i>Pinus teocote f. quinquefoliata Martínez</i>	3.55
<i>Quercus laurina</i>	0.37	<i>Alnus firmifolia Fernald</i>	1.38
E53**	0.34	<i>Bursera sp.</i>	1.35
E77**	0.32	<i>Pinus herrerae MartYnez</i>	1.34
E33**	0.30	<i>Pinus oaxacana</i>	1.16
E37**	0.25	E65**	0.73
E40**	0.24	E67**	0.70
<i>Quercus sp.</i>	0.24	<i>Symplocos coccinea</i>	0.67
E20**	0.22	<i>Quercus ocoteaefolia</i>	0.65
E21**	0.22	E34**	0.65
<i>Alnus firmifolia Fernald</i>	0.22	**Ejemplares no identificados	
<i>Pinus teocote f. quinquefoliata Martínez</i>	0.22		
E58**	0.21		

Anexo 3. Especies indicadoras correspondientes a los tres tipos de bosques identificados en áreas bajo manejo forestal para especies forestales en parcelas de 0.1 ha con DN \geq 10 cm.

Especie	Tipo de bosque	Valor indicador (%)	P
<i>Quercus ocoteaefolia</i>	1	82.100	0.001
E18**	1	78.400	0.001
<i>Symplocos coccinea</i>	1	60.200	0.001
<i>Quercus aff. eugeniifolia</i>	1	54.100	0.002
E49**	1	50.000	0.002
<i>Quercus corrugata</i>	1	50.000	0.003
<i>Persea americana</i>	1	42.900	0.003
E6**	1	42.900	0.004
<i>Pinus ayacahuite</i>	1	39.100	0.033
<i>Ocotea helicterifolia</i>	1	35.700	0.009
<i>Symplocos pycnantha</i>	1	35.700	0.010
<i>Oreopanax xalapensis</i>	1	28.900	0.070
<i>Nectandra sp.</i>	1	28.600	0.029
E16**	1	28.600	0.033
E42**	1	28.600	0.036
E27**	1	28.600	0.037
<i>Quercus eugeniifolia</i>	1	21.400	0.096
E31**	1	21.400	0.110
<i>Phoebe sp.</i>	1	18.900	0.238
E25**	1	14.300	0.298
<i>Taxus globosus</i>	1	14.300	0.306
E2**	1	14.300	0.309
Familia Lauraceae	1	14.300	0.309
E36**	1	14.300	0.333
E41**	1	14.300	0.333
E43**	1	14.300	0.333
E81**	1	7.600	0.641
<i>Pinus patula</i>	2	65.300	0.001
<i>Pinus pseudostrobus</i>	2	55.400	0.004
E88**	2	36.400	0.008
E77**	2	15.600	0.201
E80**	2	10.200	0.676
<i>Arbutus xalapensis</i>	3	60.000	0.001
<i>Quercus crassifolia</i>	3	53.900	0.004
<i>Quercus scytophylla</i>	3	47.800	0.001
<i>Pinus pseudostrobus var. coatepecensis</i>	3	47.200	0.002
<i>Pinus teocote</i>	3	40.000	0.004
<i>Pinus pseudostrobus var. estevezii Martínez</i>	3	40.000	0.005
<i>Pinus rudis</i>	3	25.600	0.058
<i>Pinus leiophylla Schl. et Cham</i>	3	20.000	0.070
<i>Bursera sp.</i>	3	20.000	0.080
<i>Pinus teocote f. quinquefoliata Martínez</i>	3	15.100	0.287
<i>Alnus firmifolia Fernald</i>	3	9.100	0.744

**Ejemplares no identificados

Anexo 4. Listado de especies leñosas encontrados en los tres tipos de bosques en áreas bajo manejo forestal de Capulálpam, Ixtlán, Oaxaca.

Numero de especie	Familia	Especie	Numero de especie	Familia	Especie
1	ARALIACEAE	<i>Oreopanax xalapensis</i>	34	Desconocida	E16**
2	BETULACEAE	<i>Alnus firmifolia Fernald</i>	35	Desconocida	E18**
3	BURSERACEAE	<i>Bursera sp.</i>	36	Desconocida	E2**
4	ERICACEAE	<i>Arbutus xalapensis</i>	37	Desconocida	E20**
5	FAGACEAE	<i>Quercus aff. eugeniifolia</i>	38	Desconocida	E21**
6	FAGACEAE	<i>Quercus corrugata</i>	39	Desconocida	E25**
7	FAGACEAE	<i>Quercus crassifolia</i>	40	Desconocida	E27**
8	FAGACEAE	<i>Quercus eugeniifolia</i>	41	Desconocida	E31**
9	FAGACEAE	<i>Quercus laurina</i>	42	Desconocida	E33**
10	FAGACEAE	<i>Quercus ocoteaefolia</i>	43	Desconocida	E34**
11	FAGACEAE	<i>Quercus scytophylla</i>	44	Desconocida	E36**
12	FAGACEAE	<i>Quercus sp.</i>	45	Desconocida	E37**
13	LAURACEAE	<i>Familia Lauraceae</i>	46	Desconocida	E40**
14	LAURACEAE	<i>Nectandra sp.</i>	47	Desconocida	E41**
15	LAURACEAE	<i>Ocotea helicterifolia</i>	48	Desconocida	E42**
16	LAURACEAE	<i>Persea americana</i>	49	Desconocida	E43**
17	LAURACEAE	<i>Phoebe sp.</i>	50	Desconocida	E49**
18	PINACEAE	<i>Pinus Patula</i>	51	Desconocida	E53**
19	PINACEAE	<i>Pinus ayacahuite</i>	52	Desconocida	E58**
20	PINACEAE	<i>Pinus herrerae Martínez</i>	53	Desconocida	E6**
21	PINACEAE	<i>Pinus leiophylla Schl. et Cham</i>	54	Desconocida	E65**
22	PINACEAE	<i>Pinus oaxacana</i>	55	Desconocida	E67**
23	PINACEAE	<i>Pinus patula</i>	56	Desconocida	E77**
24	PINACEAE	<i>Pinus pseudostrobus</i>	57	Desconocida	E80**
25	PINACEAE	<i>Pinus pseudostrobus var. coatepecensis</i>	58	Desconocida	E81**
26	PINACEAE	<i>Pinus pseudostrobus var. estevezii Martínez</i>	59	Desconocida	E82**
27	PINACEAE	<i>Pinus rudis</i>	60	Desconocida	E88**
28	PINACEAE	<i>Pinus teocote</i>			
29	PINACEAE	<i>Pinus teocote f. quinquefoliata Martínez</i>		**Ejemplares no identificados	
30	PINACEAE	<i>pinus patula</i>			
31	SYMPLOCACEAE	<i>Symplocos coccinea</i>			
32	SYMPLOCACEAE	<i>Symplocos pycnantha</i>			
33	TAXACEAE	<i>Taxus globosus</i>			