

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EFFECTO DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL MADERABLE EN LA  
ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y DINAMICA DEL BOSQUE NATURAL EN SAN  
MIGUEL, SAN ANDRÉS, PETÉN, GUATEMALA

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JULIO CESAR MORALES CANCINO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Guatemala, octubre de 2003

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(2038)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Dr. M.V. Luis Leal Monterroso**

**RECTOR**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
<b>VOCAL I</b>	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
<b>VOCAL II</b>	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
<b>VOCAL III</b>	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
<b>VOCAL IV</b>	Br. Luis Antonio Raguay Pirique
<b>VOCAL V</b>	Br. Juan Manuel Corea Ochoa
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Petén, 06 de octubre de 2003.

Señores

**Junta Directiva de la Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Distinguidos miembros de la junta directiva:

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar para su consideración el documento de graduación titulado: **"EFECTO DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL EN LA ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y DINAMICA DEL BOSQUE NATURAL EN SAN MIGUEL, SAN ANDRÉS, PETÉN, GUATEMALA"**, como último requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables en el Grado Académico de Licenciado.

En espera que la presente investigación tenga el mérito suficiente para su aprobación, me es grato presentarles mis muestras de estima y respeto.

Atentamente,

  
JULIO CESAR MORALES CANCINO

# TESIS QUE DEDICO

**A:**

**Dios**

**Mi familia**

Especialmente a mis queridos padres, Julio Ramón Morales Cetina, que en paz descanse, y Luz del Carmen Cancino Vda. de Morales.

Mis hermanos, Ramón Francisco, Anita María y Rosalía Morales Cancino

Por los sacrificios y el tiempo que no pude brindarles y compartir con ellos debido al esfuerzo dedicado para la realización de la presente investigación.

## AGRADECIMIENTOS

A:

Ingenieros Agrónomos Mario Alberto Méndez y Pedro Pineda, por su valiosa contribución y esfuerzo dedicado para la revisión y asesoría para el desarrollo de este trabajo.

Fernando Carrera, por su apoyo e interés para que concluyera esta investigación.

Hugo Brenes, quien amablemente contribuyó con los procedimientos electrónicos para el análisis de datos.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), especialmente a Reginaldo Reyes y Daniel Marmillod, institución que brindó la información del sitio experimental Yarxché, San Miguel La Palotada.

Héctor Monroy, por su apoyo desinteresado para la interpretación de la base de datos de las parcelas permanentes de Yarxché.

Ing. Agr. M.Sc. Mauro Efraín Salazar por sus aportes en la revisión del documento.

Lic. Ramón Pinelo, por su apoyo en la impresión de documentos.

La Fundación Naturaleza para Vida (NPV), por el apoyo y las experiencias compartidas.

Consejo Nacional de Areas Protegidas (CONAP).

Catedráticos y compañeros de estudio en la Facultad de Agronomía por su apoyo moral y aliento durante mi estancia en Ciudad de Guatemala.

## CONTENIDO GENERAL

INDICE DE FIGURAS .....	iii
INDICE DE CUADROS .....	iii
INDICE DE APENDICES.....	v
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCION .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
3. MARCO TEORICO.....	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL .....	3
3.1.1 Estructura y composición del bosque natural.....	3
3.1.2 Efecto de los disturbios en la estructura del bosque natural.....	4
3.1.3 Grupos o Gremios ecológicos para el análisis silvicultural.....	5
3.1.4 Crecimiento en bosques naturales latifoliados .....	7
a) Factores que determinan el crecimiento .....	8
3.1.5 Mortalidad y reclutamiento .....	10
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	12
3.2.1 Ubicación de la zona de estudio .....	12
3.2.2 Zona de Vida.....	12
3.2.3 Condiciones Climáticas.....	12
3.2.4 Características topográficas y edáficas.....	14
3.2.5 Aspectos Administrativos de la unidad de manejo.....	14
3.2.6 Antecedentes del sitio de estudio: Unidad de corta Yarxché .....	15
3.2.6.1 Descripción del aprovechamiento forestal.....	17
3.2.6.2 Descripción de las Parcelas Permanentes de Control instaladas en Yarxché.....	18
3.2.6.3 Variables registradas en las parcelas permanentes.....	19
4. OBJETIVOS .....	24
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	24
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	24
5. HIPOTESIS .....	25
6. METODOLOGIA.....	25
6.1 Evaluación del efecto del aprovechamiento y el tratamiento silvicultural sobre la estructura horizontal del bosque.....	25
6.2 Evaluación del efecto del aprovechamiento y el tratamiento silvicultural sobre la Composición florística ..	26
6.3 Incremento diamétrico y basimétrico de la vegetación.....	28

6.3.1	Análisis del incremento por grupos de especies .....	29
6.3.2	Análisis del incremento de árboles tratados.....	30
6.3.3	Relación entre incremento y variables silvícolas.....	30
6.3.4	Relación entre incremento y condiciones de sitio .....	31
6.4	Mortalidad y reclutamiento de la vegetación .....	31
6.4.1	Mortalidad.....	31
6.4.2	Reclutamiento .....	33
6.5	Análisis estadísticos efectuados.....	34
7.	RESULTADOS .....	35
7.1	Estructura horizontal del bosque .....	35
7.1.1	Estructura Pre-aprovechamiento .....	35
7.1.2	Estructura Post-aprovechamiento.....	37
7.1.3	Evaluación del efecto del aprovechamiento sobre la estructura .....	39
7.2	Composición florística.....	43
7.2.1	Índice de valor de importancia .....	43
7.2.2	Riqueza florística.....	46
7.2.3	Diversidad y similitud florística .....	47
7.3	Incremento diamétrico y basimétrico de toda la población.....	49
7.3.1	Análisis del incremento por grupos de especies.....	50
a)	Agrupamiento de las especies según su velocidad de Incremento .....	50
b)	Incremento según grupos comerciales.....	54
c)	Incremento según gremios ecológicos .....	55
7.3.2	Incremento por clases de diámetro.....	56
7.3.3	Análisis del incremento por tratamientos silviculturales .....	57
a)	Evaluación de la efectividad del envenenamiento.....	58
b)	Exposición de copa y presencia de lianas de los árboles liberados.....	58
c)	Incremento de los árboles tratados en condiciones silviculturales aceptables.....	59
7.3.4	Relación entre incremento y las condiciones silvícolas y de sitio.....	60
7.4	Mortalidad y reclutamiento de la vegetación .....	62
7.4.1	Relación entre la mortalidad y el reclutamiento y variables silvícolas y de sitio .....	68
8.	CONCLUSIONES.....	70
9.	RECOMENDACIONES .....	72
10.	BIBLIOGRAFIA .....	73
	APENDICES.....	76

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la concesión comunitaria de San Miguel y el sitio de estudio Yarxché respecto de la unidad de manejo San Miguel, Petén.....	13
Figura 2. Ubicación de las parcelas permanentes de muestreo en Yarxché; Petén.....	16
Figura 3. Impacto del aprovechamiento en el bosque de la unidad de corta Yarxché, San Miguel, Petén.....	21
Figura 4. Distribución diamétrica de la abundancia (árboles/ha) $\geq 10$ cm DAP por grupos comerciales antes (año 1993/94) del aprovechamiento forestal maderable.....	35
Figura 5. Distribución diamétrica del área basal ( $m^2/ha$ ) $\geq 10$ cm DAP por grupos comerciales antes (año 1993/1994) del aprovechamiento forestal maderable.....	36
Figura 6. Distribución diamétrica de la abundancia (árboles/ha) $\geq 10$ cm DAP por grupos comerciales cuatro años después (año 1998) del aprovechamiento forestal maderable.....	37
Figura 7. Distribución diamétrica del área basal ( $m^2/ha$ ) $\geq 10$ cm DAP por grupos comerciales cuatro años después (año 1998) del aprovechamiento forestal maderable.....	38
Figura 8. Distribución diamétrica de la abundancia (árboles/ha) $\geq 10$ cm DAP antes y después del aprovechamiento forestal, años 1993/94 y 1998, respectivamente.....	39
Figura 9. Distribución diamétrica del área basal ( $m^2/ha$ ) $\geq 10$ cm DAP antes y después del aprovechamiento forestal.....	42
Figura 10. Curva área/especie para diámetros $\geq 10$ , $\geq 30$ y $\geq 60$ cm antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.....	46
Figura 11. Distribución del incremento diamétrico anual y frecuencia relativa acumulada por clases de incremento en mm/año de los árboles con DAP $\geq 10$ cm. Período 1993/94 a 1998.....	49

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales actividades de manejo e investigación ejecutadas en Yarxché, San Miguel.....	17
Cuadro 2. Ubicación de las parcelas permanentes de control y su relación con el aprovechamiento forestal de 1994 (etapa de pre-aprovechamiento), Yarxché, San Miguel.....	19
Cuadro 3. Actividades y grados de impacto por el aprovechamiento forestal y el tratamiento de liberación en las parcelas permanentes en Yarxché, San Miguel.....	20
Cuadro 4. Abundancia (árboles/ha) de los grupos comerciales antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.....	40
Cuadro 5. Área basal ( $m^2/ha$ ) de los grupos comerciales antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.....	41

Cuadro 6. Abundancia absoluta (número de individuos) y Area basal absoluta(m <sup>2</sup> ) por unidad de muestreo antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente. ....	43
Cuadro 7. Índice de valor de importancia para las diez especies más importantes, antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente. ....	44
Cuadro 8. Índice de valor de importancia (IVI%) por familias botánicas más importantes (> 3% IVI) antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente. ....	45
Cuadro 9. Índice de valor de importancia (IVI%) por grupos de manejo antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente. ....	46
Cuadro 10. Índice de diversidad de Simpson ( $\alpha$ ) y coeficiente de similitud de Czekanowski por tratamiento antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente. ....	48
Cuadro 11. Incremento diamétrico anual en milímetros/año, área basal m <sup>2</sup> /año e incremento basimétrico relativo según el área basal inicial (IMA%) por individuo considerando toda la población con DAP $\geq$ 10 cm. Período 1993/94 a 1998. ....	50
Cuadro 12. Resumen de la tasa de incremento en mm/año según grupos. Período 1993/94 a 1998. ....	51
Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza para los cuatro grupos según las tres variables analizadas, primer cuartil, mediana y tercer cuartil. ....	51
Cuadro 14. Resultados de la prueba de Tukey-Kramer para la comparación de medias en mm/año, entre grupos para las tres variables analizadas, primer cuartil, mediana y tercer cuartil. ....	52
Cuadro 15. Estadísticas del incremento diamétrico (mm/año) por especies (con una muestra mayor de 5 individuos) según grupos por velocidad de incremento. Período 1993/94 a 1998. ....	53
Cuadro 16. Resultados de la comparación de medias por rangos de incremento (mm/año) entre grupos comerciales. ....	54
Cuadro 17. Estadísticas del incremento diamétrico (mm/año) por grupos comerciales. Período 1993/94 a 1998. ....	55
Cuadro 18. Estadísticas del incremento (mm/año) por gremios ecológicos y resultados de la comparación de medias por rangos. Período 1993/94 a 1998. ....	56
Cuadro 19. Estadísticas del incremento diamétrico (mm/año) de toda la población arbórea por clases de diámetro inicial (cm). Período 1993/94 a 1998. ....	57
Cuadro 20. Resultados de la comparación de medias por rangos de incremento (mm/año) entre clases de diámetro inicial (cm). ....	57
Cuadro 21. Estado de viabilidad (año 1998) de árboles envenenados con dos arboricidas y dos concentraciones cada uno, 3.16 años después de su aplicación. ....	58
Cuadro 22. Estadísticos del incremento (mm/año) después de la aplicación del tratamiento de liberación en Yarxché. Período 1995 a 1998. ....	59

Cuadro 23. Estadísticos del incremento (mm/año), comparación estadística y análisis de correlación según las condiciones silvícolas y de sitio de los árboles. Período 1993/1994 a 1998. ....	60
Cuadro 24. Valores absolutos de mortalidad de acuerdo con cuatro tipos de causas de muerte y tasas anuales de mortalidad natural según especies con DAP superior a 10 cm. Período 1993/94 a 1998. ....	63
Cuadro 25. Valores absolutos de mortalidad natural y tasas anuales de mortalidad natural por clases de diámetro inicial (1993/94) en cm. Período 1993/1994 a 1998. ....	64
Cuadro 26. Valores absolutos de mortalidad natural y tasas anuales de mortalidad natural por tipos de tratamiento. Período 1993/94 a 1998. ....	65
Cuadro 27. Valores absolutos, tasas anuales de reclutamiento y tasas anuales de mortalidad de árboles reclutas según especies con DAP superior a 10 cm. Período 1993/94 a 1998. ....	66
Cuadro 28. Valores absolutos, tasas anuales de reclutamiento y tasas anuales de mortalidad de árboles reclutas según tratamientos. Período 1993/94 a 1998. ....	67
Cuadro 29. Coeficientes de correlación de Spearman ( $R_s$ ) para las tasas (%) anuales de mortalidad y reclutamiento según variables iniciales (1993/94) de sitio y silvícolas. Período 1993/94 a 1998. ....	68
Cuadro 30. Valores absolutos y tasas (%) anuales de mortalidad y reclutamiento según variables silvícolas y de sitio. ....	69

## INDICE DE APENDICES

Cuadro 1A. Índice de valor de importancia ( $IVI\% = \text{abundancia relativa} + \text{dominancia relativa}$ ) por especie antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente. ....	78
Cuadro 2A. Clase diamétrica de la abundancia (ind/ha) pre-aprovechamiento, 1993. ....	80
Cuadro 3A. Clase diamétrica de la abundancia (ind/ha) post-aprovechamiento, 1998. ....	81
Cuadro 4A. Distribución diamétrica del área basal ( $m^2/ha$ ) pre-aprovechamiento, 1993/94. ....	82
Cuadro 5A. Distribución diamétrica del área basal ( $m^2/ha$ ) post-aprovechamiento, 1998. ....	83
Cuadro 6A. Incremento del número de especies por área según tres clases de diámetro antes y después del aprovechamiento. Período 1993/94 a 1998. ....	84

**"EFECTO DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL MADERABLE EN LA ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y DINAMICA DEL BOSQUE NATURAL EN SAN MIGUEL, SAN ANDRÉS, PETÉN, GUATEMALA"**

**"EFFECT OF THE TIMBER HARVESTING IN THE STRUCTURE, COMPOSITION AND DYNAMIC OF NATURAL FOREST IN SAN MIGUEL, SAN ANDRÉS, PETÉN, GUATEMALA"**

**RESUMEN**

El Estado, a través del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), otorgó en 1994 una concesión a la comunidad de San Miguel La Palotada, San Andrés, Petén, con una extensión de 7,039 ha, en un plazo prorrogable de 25 años. La administración de la unidad de manejo contempla el desarrollo de un plan de manejo forestal, donde una de las actividades principales es el aprovechamiento sostenible del bosque natural. Una característica importante de las concesiones otorgadas en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, es la implementación de un sistema de manejo forestal que contribuya con la conservación de los recursos naturales de la región. Bajo estas consideraciones es indiscutible que las actividades productivas, sin importar su tipo y aplicación, provocan cambios en el bosque intervenido, por lo que es necesario evaluarlas con el propósito de reorientarlas y adaptarlas según los impactos provocados.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) seleccionó un área de corta piloto de 42.5 ha en Yarxché donde se realizó el primer aprovechamiento forestal en 1994. Este sitio se estableció con el propósito de realizar investigaciones a largo plazo. Previo a la ejecución del aprovechamiento forestal se instalaron aleatoriamente 21 parcelas permanentes de medición de 0.25 ha cada una, las cuales fueron medidas anualmente por personal del CATIE desde 1993 hasta 1999.

El aprovechamiento forestal en el sitio experimental fue ejecutado de acuerdo con lineamientos técnicos mejorados, cosechando 1.45 árboles/ha, que equivalen a un volumen de 5.56 m<sup>3</sup>/ha y un área basal de 0.43 m<sup>2</sup>/ha. El tratamiento silvicultural realizado en Yarxché consistió en el corte de lianas y la liberación de árboles aplicando dos tipos de arboricidas en dos concentraciones cada uno. El propósito del mismo consistió en eliminar individuos no deseados y que competían con las especies de interés comercial. A través del análisis de las mediciones realizadas en las parcelas de Yarxché, la presente investigación se planteó con el propósito de evaluar el efecto del aprovechamiento forestal maderable y el tratamiento silvicultural en la estructura, composición y dinámica del bosque natural. En términos generales, la metodología incluyó el análisis de gabinete de información dasométrica (con diámetro mínimo de 10 cm) registrada en las mediciones realizadas en las parcelas permanentes antes del aprovechamiento (año 1993/94), para luego establecer las comparaciones con los registros efectuados después del aprovechamiento y/o el tratamiento de liberación de copas (año 1998).

Los resultados obtenidos revelan que la abundancia está en proceso de recuperación, ya que cuatro años después es aún 8% menor a los valores originales del bosque de 561.5 árboles/ha, que constituye una pérdida por mortalidad natural, actividades de aprovechamiento y tratamiento de liberación de 44.73 individuos/ha. Asimismo, el área basal, que originalmente era de 26.41 m<sup>2</sup>/ha, después del aprovechamiento se redujo a 24.86 m<sup>2</sup>/ha, que corresponde a una pérdida de 1.55 m<sup>2</sup>/ha. Se determinó que el aprovechamiento forestal tuvo efectos en la estructura original del bosque, pues la abundancia y el área basal fueron significativamente menores cuatro años después del aprovechamiento.

El aprovechamiento y el tratamiento silvicultural aplicado no tuvieron efectos significativos sobre la composición de las comunidades vegetales, expresada con el índice de valor de importancia (IVI%). Asimismo, agrupaciones específicas tampoco presentaron cambios significativos en su IVI%, tal como las diez familias botánicas y especies con mayor importancia ecológica. Por medio de la curva especie/área se estableció que las especies con diámetros menores fueron las más afectadas, donde se tuvo una pérdida neta en el sitio de aprovechamiento de 5 especies, que corresponde al 5.15% del número inicial de 97 especies. Asimismo, la composición de especies tampoco fue afectada en forma significativa, porque el bosque aprovechado se aproxima en una alta proporción al bosque original no intervenido, con una similitud florística de 92%. Los cambios en la diversidad florística debidos al aprovechamiento y el tratamiento de liberación tampoco fueron significativos.

El incremento diamétrico mediano por árbol es de 1.57 mm/año, mientras que el incremento basimétrico mediano fue de 0.000447 m<sup>2</sup>/año, la tasa mediana de incremento respecto del área basal inicial del individuo alcanzó el 1.73%/año. Las especies fueron diferenciadas en cuatro grupos según su velocidad de incremento diamétrico. Otras agrupaciones realizadas no mostraron diferencias convincentes en el incremento diamétrico, a excepción de los gremios ecológicos.

La forma y exposición de copa de los árboles fueron las únicas variables silvícolas que presentaron una relación significativa con el incremento diamétrico. Aunque en menor proporción, la pendiente y la pedregosidad del terreno y el drenaje del suelo, también mostraron una relación significativa con el incremento diamétrico.

El tratamiento silvicultural aplicado no tuvo efectos en el incremento diamétrico de las especies comerciales liberadas, principalmente porque la eliminación de individuos no deseados fue menor a la esperada y donde una alta proporción de los individuos de interés mostraron copas con reducida exposición a la luz solar.

La tasa de mortalidad natural para toda la población fue de 1.99%, mientras que la tasa de reclutamiento solamente fue de 1.06%/año. La mortalidad natural fue similar en todos los sitios, independientemente de las actividades de cosecha o tratamiento silvicultural o bosque no intervenido. Asimismo, la regeneración o reclutamiento de la vegetación no mostró diferencias debidas al aprovechamiento y liberación practicadas. La mortalidad natural mostró una relación significativa con la forma de copa y la calidad de fuste del árbol.

No obstante que los resultados indican que la composición, diversidad y las tasas de mortalidad y reclutamiento de la vegetación no fueron significativamente afectadas por el aprovechamiento y el tratamiento de liberación, es conveniente ser prudentes en la planificación y ejecución de las operaciones de manejo y en la definición de las intensidades y períodos de cosecha.

Las intensidades de aprovechamiento, tal como este caso estudiado donde la intensidad fue baja con alrededor de 1.5 árboles/ha cosechados, obviamente están asociados a los impactos provocados al bosque.

Un seguimiento especial para determinar las tendencias de la regeneración natural en los sitios intervenidos sería oportuno, ya que la tasa de mortalidad es mayor a la tasa de reclutamiento o regeneración.

## 1. INTRODUCCION

En 1990 el Estado estableció la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), administrada por el Consejo Nacional de Areas Protegidas (CONAP), con una extensión de 21,130 Km<sup>2</sup>. La RBM fue dividida en tres zonas: Zona Núcleo, Zona de Amortiguamiento y Zona de Usos Múltiples. La zona de usos múltiples (ZUM), que cuenta con una extensión de 8,484 Km<sup>2</sup>, 40 % de la RBM, se estableció como una reserva extractiva, permitiendo diversos usos del suelo de forma sostenible y con un mínimo de daño a la naturaleza. Es decir, en esta zona el objetivo global consiste en la producción y conservación de los recursos naturales en el largo plazo. La premisa es que el manejo de los recursos naturales con fines productivos constituye una alternativa para el desarrollo de las comunidades locales. Esto es viabilizado por el Estado a través de las unidades de manejo comunitario, otorgadas bajo la figura legal de concesiones<sup>1</sup>. Según el Plan Maestro de la RBM (8) una característica principal de estas unidades debería de ser la implementación de un esquema de manejo forestal racional y sustentable.

En este marco de manejo de los recursos naturales, el Estado, a través de CONAP otorgó en 1994 una concesión a las comunidades de San Miguel y La Milpa, San Andrés, Petén, con una extensión de 7,039 ha, en un plazo prorrogable de 25 años. La administración contempla el desarrollo de un plan de manejo de los recursos naturales, donde una de las actividades principales es el aprovechamiento sostenible del bosque natural, entre otras actividades productivas. El objetivo del Plan de Manejo Forestal de la concesión de San Miguel es obtener un rendimiento sostenido a través del aprovechamiento de productos maderables del bosque a perpetuidad y en forma rentable, respetando la biodiversidad y la población local (5). Asimismo, de acuerdo con Reyes, 1997(30), se pretende también desarrollar un tipo de manejo forestal comunitario para revalorizar el bosque a través de tratamientos silviculturales que promuevan el crecimiento de las especies de interés comercial y asegurar la regeneración de las mismas.

Para cumplir con las premisas y objetivos anteriores, en 1993 la comunidad de San Miguel y los proyectos Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central (OLAFO) y Producción en Bosques Naturales (PBN) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) seleccionaron un área piloto de 42.5 ha en Yaxché donde se realizó el primer aprovechamiento forestal en 1994. El propósito de la misma fue el de convertirla en una unidad de investigación a largo plazo, para la evaluación y seguimiento de las actividades forestales. Para ello, se instalaron parcelas permanentes de control, en las cuales se efectuaron mediciones sucesivas desde 1993 hasta 1999.

---

<sup>1</sup> Es el acto por el cual el Estado otorga a una comunidad, una empresa o una institución científica o cultural, una porción de terreno a cierto plazo, prorrogable y bajo determinadas condiciones económicas para desarrollar las actividades a que se haya destinado dicha área [30].

A través del análisis de las mediciones realizadas en un período de 5 años, de 1993 a 1998, en este sitio experimental, la presente investigación tuvo como propósito evaluar el efecto del aprovechamiento forestal maderable y el tratamiento silvicultural en la dinámica, estructura y composición del bosque natural. Este trabajo espera contribuir con elementos técnicos para que las instituciones administradoras de las áreas protegidas, comunidades y otros usuarios del bosque, cuenten con una base sólida, producto de investigaciones de mediano plazo, para la toma de decisiones que permitan reorientar y/o adaptar las actividades de cosecha y el uso y manejo de los bosques naturales bajo producción sostenible.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A partir de la creación de la Biosfera Maya, en 1990, la co-administración de la zona de usos múltiples con las comunidades locales es prioritaria. El enfoque de este tipo de administración tomo como base que el manejo de los recursos naturales con fines de conservación y la ejecución de otras actividades productivas constituyen una alternativa viable para el desarrollo local, desde el punto de vista económico, social y ecológico. La co-administración implica la implementación de planes de manejo sostenible de los recursos naturales, generalmente en un plazo de 25 años prorrogables. Una de las actividades fundamentales contempladas en los mismos es el aprovechamiento del bosque natural, bajo diferentes modalidades y actividades.

Según varios autores, Dykstra y Heinrich, 1996(12); Morales, 1995(25), Gálvez, 1996(14) y Manzanero, 1998 (21), el aprovechamiento forestal maderable generalmente es el que provoca mayor grado de disturbio en el bosque natural. La composición de la vegetación varía por disturbios provocados en aprovechamientos madereros, claros, caminos de extracción y bosques no perturbados, por lo que las posibilidades futuras de producción del bosque podrían estar en riesgo.

Dykstra, 1993, citado por Gálvez, 1996(14), indica que en el aprovechamiento forestal las actividades realizadas no deben comprometer en forma irreversible la capacidad del bosque para seguir brindando beneficios económicos, sociales y ecológicos. Para ello, las actividades deben efectuarse de tal manera que no degraden seriamente los valores del bosque, debiendo quedar en la medida de lo posible en una condición que fomente su rápida recuperación a su estado anterior al aprovechamiento, o algún otro estado factible de manejo en el largo plazo. Según Delgado *et al.*, 1997 (10), la conservación incluye no solo la protección y preservación de la biodiversidad y otros atributos del bosque, sino, además, el manejo del mismo con fines de producción forestal como una actividad conservacionista. En este marco, es obvio que las actividades productivas forestales, sea cual sea su aplicación, provocan cambios en la estructura de las poblaciones y la disponibilidad de los recursos, por lo que deben ser evaluadas en el mediano y largo plazo.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Estructura y composición del bosque natural

Finegan, 1997(13), define la estructura en plano horizontal como "las distribuciones matemáticas que presentan las variables cuantitativas medidas en el mismo plano, como son el diámetro de los árboles a la altura del pecho (dap) y el área basal". Generalmente la distribución del número de individuos por clases de tamaño o dap constituye la estructura total más importante, debido a que facilita comparaciones y, además, está relacionada con el área basal, la altura del árbol, volumen, entre otros. Diversos autores, Lamprecht, 1990(19), y Schmidt, 1977, citado por Quevedo, 1986(29), indican que la estructura del bosque permite determinar su dinámica y el comportamiento de su especies y las tendencias del futuro desarrollo de las comunidades forestales. Rollet, 1980, citado por Saravia, 1995(31), expresa que la estructura se emplea para definir diversos contextos: distribuciones diamétricas, alturas totales, distribuciones espaciales de los árboles y especies, distribuciones del área basimétrica en clases diamétricas, diversidad florística y asociaciones.

Por otra parte, Veillon, 1963, Lamprecht, 1964, Finol, 1975, citados por Quevedo, 1986(29), consideran que una hectárea de unidad muestral, como mínimo, representa adecuadamente la comunidad vegetal arbórea para los estudios estructurales de la vegetación. Sin embargo, Marmillod, 1982, citado por Lamprecht, 1990(19), determinó que para fines de estudio silvicultural se requiere muestrear en términos totales al menos una superficie de 3 a 5 hectáreas.

Según Delgado *et al.*, 1997(10), la composición florística se puede generalizar de acuerdo a las familias más importantes, a las especies e individuos presentes y más abundantes. Matteucci y Colma, 1982(23), indica que los estudios de la vegetación se hacen de acuerdo a la composición de atributos ó características de los individuos o su conjunto. Los atributos son las distintas especies de plantas y caracterizadas unas a otras por la presencia de ciertas categorías, ausencia de otras y por la ausencia relativa o cantidad de cada una de ellas. Los atributos se refieren a aspectos florísticos, área basal, estructura diamétrica, entre otros. De acuerdo con Cottam, citado por Matteucci y Colma, 1982(23), y Curtis y McIntosh, 1951, citados por Saravia, 1995(31), la importancia ecológica relativa de cada especie (s) o atributo (s) en cada comunidad se puede representar por medio del parámetro de índice de valor de importancia. Este parámetro combina las variables de abundancia, frecuencia y dominancia, relativas.

Asimismo, un aspecto importante de la composición de un bosque lo constituye la riqueza y diversidad florística. De acuerdo con Finegan, 1997(13), la riqueza se refiere al número de especies en una determinada comunidad o región y la diversidad de una comunidad incluye el número de especies y también su abundancia relativa. La diversidad puede determinarse mediante diferentes índices que relacionan el número de especies con el número de individuos encontrados en una muestra, llamado cociente de mezcla, el cual permite dar una idea del grado de entremezcla florística en un rodal. Según Delgado *et al.*, 1997(10), también se utilizan los índices de Shannon y Weiner, Simpson, entre otros que, básicamente, son una medida de las abundancias proporcionales de todas las especies.

### 3.1.2 Efecto de los disturbios en la estructura del bosque natural

En el bosque natural generalmente los árboles son derribados por causas naturales o por la actividad humana produciendo claros en el dosel que modifican el microambiente existente. Hartshorn, 1978, Brokaw, 1958, Bazar, 1984, Dirzo, 1984, citados por Saravia, 1995(31), indican que tales disturbios, aumentan la disponibilidad de luz y, probablemente, de nutrientes y de agua en el suelo. Esto estimula el crecimiento y/o sobrevivencia de los individuos de las especies presentes, muchos se favorecen más o menos según la disponibilidad y/o el tamaño de los mismos. Según Whitmore, 1991, citado por Finegan, 1997(13), estos disturbios o claros constituyen un elemento fundamental en la dinámica del bosque, ya que promueven la regeneración de las especies, surgiendo un panorama o mosaico con diversas interacciones en tiempo y espacio.

El ciclo de regeneración se inicia al crearse una apertura en el dosel del bosque, el cual generalmente se denomina claro, que consiste en "una apertura temporal en el dosel del bosque causada por la caída de una parte de un árbol, un árbol entero o un grupo de árboles". Partiendo de esto, el ciclo de regeneración se puede describir utilizando las definiciones propuestas por Whitmore, citado por Finegan, 1997(13) en el que se identifican tres fases a) fase de claro, b) fase de construcción o regeneración y c) fase madura, que representa el fin del proceso. La fase de claro puede durar unos meses, pues hay un lapso sin actividad aparente después de la creación de la apertura. Durante este periodo la vegetación se ajusta a las nuevas condiciones ambientales tan violentas. Asimismo, la fase madura puede ser de bastante duración y poca actividad mientras pasan los árboles por la madurez.

Una de las principales actividades desarrolladas en el bosque es el aprovechamiento de productos maderables y no maderables, siendo el primero el que provoca mayor grado de disturbio, tal como concluyen Manzanero, 1998(21), Gálvez, 1996(14) y Morales, 1995(25). De acuerdo con Finegan, 1997(13), ésta modificación del ciclo natural de regeneración y de las condiciones microclimáticas, según las proporciones

de los impactos, afectan la abundancia de regeneración de especies de los diferentes grupos ecológicos y comerciales. Es decir, sobre el potencial de manejo sostenible del bosque.

Dykstra, 1993, citado por Gálvez, 1996(14), señala que en el aprovechamiento forestal, en el marco del manejo sostenible, las actividades asociadas al mismo no deben comprometer en forma irreversible la capacidad del bosque para seguir brindando beneficios económicos y sociales, entre otros, tal como la biodiversidad. Para ello, las actividades deben efectuarse de tal manera que no degraden seriamente los valores maderables y no maderables del bosque, debiendo quedar en una condición que fomente su rápida recuperación a su estado anterior al aprovechamiento, o algún otro estado factible de manejo en el largo plazo. Jonkers, 1987, citado por Gálvez, 1996(14), indica que la composición de la regeneración varía entre disturbios provocados en aprovechamientos madereros, claros, caminos de extracción y bosque no perturbado, por lo que las tendencias futuras de composición del bosque estarían determinadas por las superficies relativas de estas clases de sitios.

### 3.1.3 Grupos o Gremios ecológicos para el análisis silvicultural

Según Clark y Clark, 1987(7), en los bosques húmedos tropicales, el recurso principal en la determinación del comportamiento de la especie es la luz, razón por la cual se mantiene referencia a la tolerancia e intolerancia a este recurso. A las especies intolerantes se les denomina heliófitas y a las tolerantes, esciófitas. Con respecto a la historia de la vida, se puede identificar una estrategia en las especies intolerantes de vida corta, que consiste en la procreación de más hijos de mayor estatura, la cual se origina en condiciones de alta competencia y donde la reproducción rápida favorece la supervivencia. Las intolerantes de vida larga se encuentran en una fase intermedia con respecto a éstas. Así, se identifican dos grupos de especies intolerantes: las especies heliófitas efímeras y las especies heliófitas durables. A partir de característica contrastante entre las especies heliófitas y esciófitas, se ha generalizado que especies que comparten determinadas características puedan acercarse más a un gremio o grupo ecológico, tal como puede interpretarse de algunas generalizaciones hechas por Whitmore, 1984, y Swaine y Whitmore, 1988, citados por Saravia, 1995(31).

Estudios realizados por varios autores, entre ellos, Hubell y Foster, 1987(17) y Vásquez y Orozco, 1987(35), han demostrado que existen diferentes plantas que requieren un hábitat abierto y alto grado de iluminación solar para su germinación y crecimiento y otras especies que toleran la sombra o que la requieren cuando jóvenes.

Según Hartshorn, 1980, y Whitmore, 1984, citados por Finegan, 1997(13), generalmente las especies esciófitas son de vida larga, la subdivisión más importante dentro de este grupo es la que se refiere a la tolerancia a la sombra en diferentes etapas del ciclo de vida. Un grupo grande de especies toleran la sombra en etapas tempranas del desarrollo, pero requiere de un grado elevado de iluminación para pasar por etapas intermedias hasta la madurez. Estas especies aumentan su crecimiento si el dosel del bosque se abre, permitiendo la entrada de más luz, aunque tolera la sombra, no la requieren, denominándolas como esciófitas parciales. La otra categoría de esciófitas incluye aquellas especies que requieren de sombra y no tienen la capacidad de aumentar significativamente su crecimiento si se abre el dosel del bosque. A estas especies, que representan una proporción muy reducida de la flora arbórea de los bosques húmedos tropicales, se les denomina esciófitas totales.

Whitmore, 1982, citado por Díaz, 1995(11), indica que las condiciones ambientales necesarias para el reclutamiento de las heliófitas efímeras comúnmente se da en claros de 1,000 m<sup>2</sup> o más de extensión. Brokaw, 1990, citado por Gálvez, 1996(14), considera que el crecimiento y la subsistencia de las especies pioneras son más exitosos en claros de más de 150 m<sup>2</sup>, sin embargo, comúnmente no se encuentran dentro de las fases de reconstrucción o madurez.

Según Brokaw, 1985, citado por Hubbell y Foster, 1987(17), los claros grandes aparecen con mucho menos frecuencia que los pequeños, las especies intolerantes a la sombra deben presentar escasa regeneración durante mucho tiempo, presentando distribuciones diamétricas homogéneas. Por otro lado, se espera que especies tolerantes presentan distribuciones diamétricas de forma exponencial que se asemeja a una "j inversa". Esto se explica por la regeneración continua que presentan estas especies al tener capacidad de establecerse en claros pequeños y permanecer por mucho tiempo como juveniles suprimidos en el sotobosque.

Finegan, 1997(13), indica que las especies heliófitas durables se reclutan en cada una de las tres fases del ciclo de regeneración, incluidos, los claros de área menor donde no se reclutan las heliófitas efímeras. Sin embargo, pueden crecer únicamente en las fases de claro, a la sombra de las fases de reconstrucción y de madurez, donde las plántulas permanecen estáticas durante lapsos intermedios. Si se abre un claro en un sitio donde se encuentran, potencialmente pueden aprovechar las nuevas condiciones propicias. Si no se abre un claro, las posibilidades de que avancen más allá de la etapa de plántula son remotas. Por otra parte, las especies esciófitas se reclutan y crecen en cualquier fase del ciclo de regeneración. Sin embargo, Vázquez y Orozco, 1987(35), y Clark y Clark, 1987(7), concluyen que éstas especies son tolerantes a la sombra en un sentido limitado, ya que siempre van a depender de la existencia de un claro para alcanzar su madurez y regenerarse.

### 3.1.4 Crecimiento en bosques naturales latifoliados

En términos generales para el cálculo del crecimiento y edad de los árboles de los bosques tropicales latifoliados de clima no estacional, se reconoce la poca utilidad de los anillos de crecimiento. En éstas regiones, se requiere del establecimiento e inventario sucesivo de parcelas permanentes, según Borman y Berlyn, 1981, citados por Peralta *et al.*, 1987 (26).

Según Klepac, 1976(18), y Alder y Synnot, 1992, citados por Finegan, 1997(13), el crecimiento es el aumento de tamaño que presentan los organismos conforme pasa el tiempo. A la cantidad de crecimiento, determinada por dos mediciones realizadas en un periodo, se le denomina incremento. Klepac, 1976(18), señala que el incremento corriente anual, es el crecimiento que logra un árbol o una masa en el curso de un año. El incremento periódico es el crecimiento de un árbol o una masa en un tiempo determinado. El incremento total es el crecimiento de un árbol o una masa durante toda su vida. El incremento periódico anual es el promedio anual del incremento periódico y el incremento medio anual es el promedio anual del incremento total y se obtiene dividiendo las dimensiones de un árbol o una masa entre su edad.

De acuerdo con Finegan, 1997(13), el Incremento Medio Anual –IMA- refleja con mayor claridad y exactitud el crecimiento y rendimiento de un bosque. Asimismo, manifiesta que en el estudio del crecimiento de los árboles es conveniente diferenciar dos incrementos. El IMA representa el crecimiento anual promedio durante un periodo largo. Se obtiene dividiendo el rendimiento entre la edad de una planta o de un rodal y el incremento anual actual (IAA) que representa el crecimiento durante un año determinado.

Según Finegan, 1997(13), el crecimiento diamétrico es muy variable en todos los niveles de los bosques húmedos tropicales, una mayoría de los árboles en bosques primarios crecen sólo uno o dos milímetros por año, o menos. Por otra parte, hay una minoría de árboles que crecen rápidamente. La gran variabilidad del crecimiento se mantiene aún cuando se agrupan árboles aparentemente parecidos según criterios como especie, diámetro inicial o posición de la copa. El coeficiente de variación del crecimiento diamétrico de árboles de la misma especie, en la misma clase diamétrica, alcanza a menudo un 60% y puede exceder el 100%. Además, la distribución del crecimiento por árbol individual raras veces es simétrica, más bien presenta un sesgo positivo. Así, dentro de una determinada clase diamétrica, por ejemplo, una mayoría de los árboles presentan un crecimiento menor que el promedio para la clase diamétrica y unos pocos crecen más rápidamente. Los coeficientes de variación grandes y las distribuciones asimétricas del incremento significan que el promedio del crecimiento diamétrico de los árboles de un grupo no representa adecuadamente el comportamiento del mismo.

Lo anterior concuerda con Camacho y Finegan, 1997(4), Pinelo, 1997(27), Gálvez, 1996(14), Mejía, 1994(24), Siteo, 1992(33), y Peralta *et al.*, 1987(26), que indican que la mediana representa de mejor forma el incremento en diámetro y área basal, ya sea de la población o los grupos de interés. Principalmente por la alta variabilidad y su distribución sesgada, donde el promedio sobrestima el incremento del conjunto de árboles y subestima el de los mejores individuos.

De acuerdo con diversos autores, Camacho y Finegan, 1997(4), Pinelo, 1997(27), y Siteo, 1992(33), para el análisis del incremento diamétrico y basimétrico se deben eliminar las palmas debido a que no poseen estructuras anatómicas de crecimiento secundario. Asimismo, los incrementos de los árboles muertos e ingresados se deben excluir del análisis con el objetivo de reducir la variabilidad. Peralta *et al.*, 1987(26) y Vanclay, 1983, y Alder, 1983, citados por Siteo, 1992(33), indican que se debe establecer un rango de incrementos a considerar en el análisis con el objetivo de eliminar aquellos incrementos dudosos y que aumentan la variabilidad.

Usualmente, algunos autores, tales como Peralta *et al.*, 1987(26), Siteo, 1992(33), Gálvez, 1996(14), Finegan, 1997(13), Camacho y Finegan, 1997(4) y Pinelo, 1997(33), expresan el crecimiento en incrementos diamétricos. Otros autores, Quicke *et al.* 1994, citado por Gálvez, 1996(14), utilizan el área basal. Según Finegan, 1997(13), los estudios del crecimiento y rendimiento forestal se fundamentan en la medición de dimensiones del árbol como el diámetro del fuste y la altura, y el cálculo de otras variables derivadas de estas, tal como el área basal y el volumen. Los incrementos y rendimientos derivados de tales estudios pueden relacionarse con factores como la estructura, la densidad del rodal y la calidad del sitio para lograr un entendimiento adecuado con relación a muchos objetivos de manejo.

#### a) Factores que determinan el crecimiento

De acuerdo con Finegan, 1997(13), muchos factores pueden afectar el crecimiento del árbol, la conjugación de todos ellos contribuye indudablemente a generar la gran variabilidad que el crecimiento presenta en el bosque tropical. En cuanto al medio ambiente, se tienen factores bióticos (competencia, herbivoría, plagas y enfermedades), y abióticos (micrositio). Además, existen otros factores difíciles o imposibles de estudiar como la edad del árbol, su historia y su genotipo. Asimismo, se ha observado que el crecimiento forestal varía entre sitios en función del clima, el tipo de suelo, la especie y la procedencia – la primera fuente de variación, además de la densidad del bosque. Según Kozlowsky, 1978 y Finegan, 1994, citados por Gálvez, 1996(14), la iluminación o la competencia parecen ser factores claves a nivel de árboles individuales, donde probablemente la luz tiene una mayor influencia.

Según Begon *et al.*, 1986, citado por Siteo, 1992(33), la interacción de individuos arbóreos que comparten el uso de un recurso limitado, conduce a una reducción del crecimiento y/o la reproducción y la supervivencia de los mismos. De acuerdo con Whitmore, 1991 y Husch *et al.*, 1982, citados por este mismo autor, las actividades de manejo forestal pueden cambiar esta situación, aumentando la disponibilidad de recursos mediante la aplicación de tratamientos silviculturales que favorecen a las especies deseables.

Según Synnot, 1979, citado por Finegan, 1997(13), en la estimación de la luz que reciben las copas y su capacidad para utilizarla es conveniente usar escalas sencillas pero de valor demostrado en el análisis del crecimiento y rendimiento. Dawkins y Field, 1978, citados por Clark y Clark, 1987(7), desarrollaron escalas de calificación de intensidad de luz de acuerdo a la posición relativa de la copa. Clark y Clark, 1987(7), realizaron una modificación de la misma, agregando dos clases más. Para ello evaluaron las observaciones de dos investigadores independientes e hicieron las calificaciones de la exposición de copa y concluyen que 70% de las observaciones eran coincidentes. Nicolás *et al.*, 1991, citado por Siteo, 1992(33) debaten la evaluación de este parámetro en forma cualitativa, argumentando que modelos de crecimiento pueden tener poca precisión debido a irrepitibilidad de las observaciones. Sin embargo, Díaz, 1995(11), indica que los códigos visuales tienen mayor correlación con el incremento que técnicas cuantitativas utilizando fotómetros.

Según Finegan, 1997(13), cuando se determina la cantidad de luz que recibe un árbol se estima indirectamente la competencia de ese árbol con sus vecinos, pues son estos los que determinan cuanta luz recibe. Debido al ciclo de regeneración en un bosque natural hay árboles que reciben buena luz en todas las clases de tamaño, desde árboles grandes de las fases de reconstrucción y madura hasta árboles pequeños dentro y alrededor de los claros.

Asimismo, hay árboles ubicados en microsítios desfavorables en la mayoría de las clases de tamaño, individuos pequeños de esciófitas a la sombra de la fase de reconstrucción y árboles de tamaño intermedio dentro de la fase madura. Para el análisis del incremento, esta conclusión sobre el patrón de regeneración de los bosques naturales indica que hay árboles de crecimiento rápido y árboles de crecimiento lento en todas las clases diamétricas. Obviamente, por esta razón el tamaño inicial no muestra una relación estrecha con el incremento. Alder, 1983 y Finegan, 1994, citados por Gálvez, 1996(14), refieren que existe una tendencia de un incremento diamétrico mayor en árboles grandes que en pequeños, probablemente ligados a las condiciones de iluminación características en una posición horizontal. Finegan, 1997(13) concluye que el incremento de un árbol depende de su posición, la cual depende de su tamaño. De tal cuenta, árboles grandes reciben la mayor cantidad de luz y crecen rápido, los árboles pequeños consiguen poco y crecen lento.

Synnot, 1979, citado por Siteo, 1992(33), indica que debido a que la fotosíntesis es la fuente básica de carbohidratos que conforman los fustes, es importante evaluar el área fotosintética de los árboles. Debido a que entre más frondosa sea la copa mayor será su crecimiento. Varios autores han confirmado la correlación entre la forma de la copa y el crecimiento diamétrico de las especies arbóreas, entre ellos Dawkins, 1956, Synnot, 1979, Alder, 1980, citados por Siteo, 1992(33), Mejía, 1994(24), Gálvez, 1996(14) y Camacho y Finegan, 1997(4).

Según Clark y Clark, 1990, citado por Siteo, 1992(33), la cobertura de la copa por lianas o la competencia de hojas del árbol con las mismas puede afectar considerablemente el crecimiento del árbol. Para ello determinaron que existe una correlación negativa entre éstas y el crecimiento diamétrico. Por su parte, Alder, 1983, citado por Gálvez, 1996(14), indica que el efecto de las lianas parece estar relacionado con la reducción de la iluminación en la superficie foliar fotosintética.

Mejía, 1994(24), determinó en Río San Juan, Nicaragua, que no existió diferencia, contrario a lo esperado, entre el crecimiento en diámetro de especies comerciales en un bosque sometido a tratamiento silvicultural y un bosque no intervenido, indicando que posiblemente esto se deba a mejores condiciones topográficas del bosque no intervenido.

Según Siteo, 1992(33), además de los factores indicados anteriormente como influyentes del crecimiento se indican los factores del clima como las principales causas de variación periódica del crecimiento tomando en consideración que estos tiene una periodicidad diurna y anual. Asimismo, indica que existen varios estudios de la periodicidad de crecimiento en bosques húmedos tropicales (Koriba, 1960, Lojan, 1965 y 1967, Bormann y Berlyn, 1981, Breistprecher y Bethel, 1990), dentro de los cuales se encuentra que la temperatura, la precipitación, las horas de brillo solar, la humedad relativa, analizados con periodicidad anual, muestran correlaciones fuertes y significativas con el incremento diamétrico. Sin embargo, Koriba, 1960, y Bormann y Berlyn, 1981, citados por el mismo autor, determinaron que en regiones donde no hay una marcada periodicidad de estas variables no se encuentra correlación significativa especialmente en especies siempreverdes.

### **3.1.5 Mortalidad y reclutamiento**

De acuerdo con Finegan, 1997(13), una población está compuesta de organismos que algún día morirán, por eso la permanencia de una población en su hábitat natural depende de lo descendencia que esos organismos logren establecer. El balance de estos procesos constantes de mortalidad y natalidad determina el número de organismos presentes en la comunidad. El estudio de los procesos de mortalidad y reclutamiento en

sistemas dinámicos como son los bosques húmedos tropicales es imprescindible para explicar su composición, estructura y dinámica.

La mortalidad en una comunidad vegetal es un proceso importante en todos los niveles, ya que afecta la composición florística de la comunidad, juega un papel determinante en la evolución, y a nivel práctico determina en un bosque cuantos árboles comerciales inmaduros alcanzan un tamaño maderable. (13)

Peralta *et al.*, 1987(26), calculó la mortalidad por clase diamétrica y no determinó relaciones entre mortalidad y diámetro inicial. Según Finegan, 1997(13), esto se debe a que muchas especies alcanzan la madurez como árboles pequeños y mueren viejos, pero pequeños, por otra parte, muchos árboles pequeños son destruidos por la caída de árboles grandes.

Vanclay, 1994, citado por Gálvez, 1996(14), indica que la mortalidad natural regular está ligada a los siguientes aspectos: La condición del individuo (estado de la copa, tamaño, iluminación, sanidad), misma que determina una probabilidad de muerte ligada a una disminución del crecimiento. Mervart, 1972, citado por Siteo, 1992(33), indica que hay una tendencia de una mayor mortalidad en árboles de crecimiento lento que en árboles que pasan rápidamente de una clase diamétrica a otra. Esto probablemente se deba a que las esciófitas, que son de crecimiento lento, no se puedan considerar establecidas aún con  $dap \geq 10$  cm pues la mortalidad es grande después de este nivel. En el caso de las heliófitas se puede afirmar, con el mínimo de error, que están establecidas a los 10 cm de dap.

## 3.2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 Ubicación de la zona de estudio

La presente investigación se realizó en las 21 parcelas permanentes instaladas en la unidad experimental Yarché-1 localizada en la unidad de manejo forestal comunitaria de San Miguel, San Andrés, al norte del departamento de Petén. La extensión total de dicha unidad de manejo es de 7,039 ha (5).

Geográficamente San Miguel se ubica en las coordenadas 17° 28' 42" latitud norte y 89° 55' 53" longitud oeste. Como se muestra en la **Figura 1**, San Miguel se encuentra en la Zona de Usos Múltiples, de la Reserva de Biosfera Maya. Colinda al sur y al oeste con la unidad de manejo Cruce a Dos Aguadas, al norte con la concesión comunitaria de La Pasadita y al este con el Biotopo El Zotz.

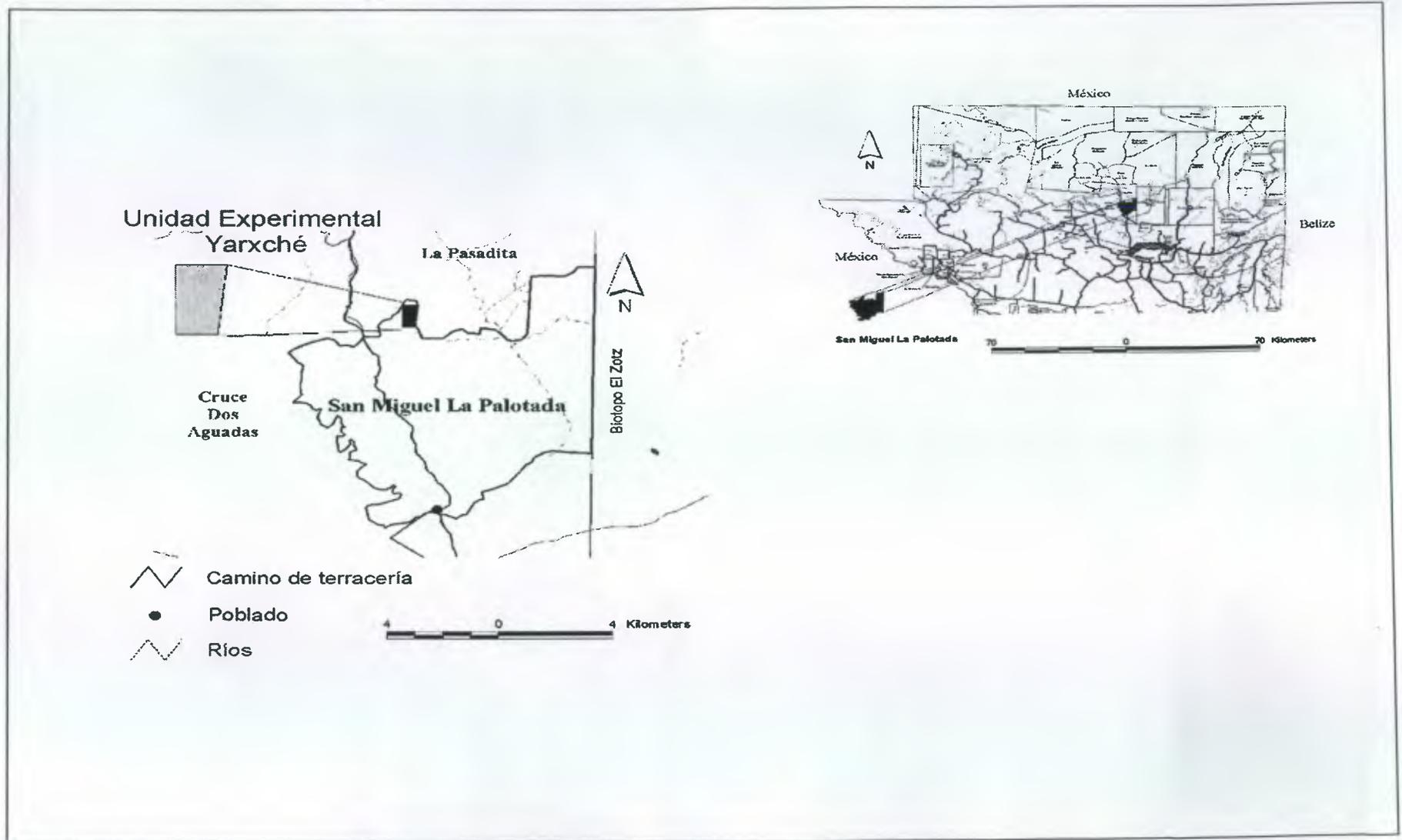
A San Miguel se accede por una carretera balastada con una longitud de 48 km a partir de la cabecera departamental Ciudad Flores, Petén.

### 3.2.2 Zona de Vida

Según el sistema de Holdridge, De la cruz 1982 (9), indica que el área de estudio pertenece a la zona de vida **Bosque Húmedo Subtropical Cálido**, las especies indicadoras son las siguientes: nance (*Byrsonima crassifolia*), majagua (*Xylopia frutescens*), amapola (*Pseudobombax ellipticum*), chechén negro (*Metopium brownei*), guano (*Sabal morrisiana*), chicozapote (*Manilkara zapota*), pimienta (*Pimenta dioica*), malerio colorado (*Aspidosperma megalocarpon*) y son (*Alseis yucatanensis*).

### 3.2.3 Condiciones Climáticas

Según los registros meteorológicos, años 1973 a 1997, del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH, s.f. (16), de la estación meteorológica de Flores, Petén, ubicada en las coordenadas geográficas 16°55'44" y 89°53'29", la situación general del clima en la región es la siguiente: precipitación media anual de 1,541 mm, temperatura media anual de 25.34 °C y humedad relativa media anual de 77.5%.



**Figura 1:** Ubicación geográfica de la concesión comunitaria de San Miguel y el sitio de estudio Yarxché respecto de la unidad de manejo San Miguel, Petén.

### 3.2.4 Características topográficas y edáficas

Según Gálvez, 1996(14), las características más importantes de las tierras de la zona de estudio son las siguientes: pendientes dominantes alrededor del 12%, aunque pueden llegar a 50% y más. Los suelos se originaron sobre capas horizontales de rocas sedimentarias del Cretácico Superior y del Eoceno. El pH, independientemente de su posición fisiográfica, varía entre 8.0 a 8.4, debido principalmente a las altas concentraciones de calcio debido a la geología de origen kárstico. Según la clasificación taxonómica de suelos de los Estados Unidos (14), pertenecen a los órdenes Vertisol y Mollisol y generalmente se asocian a la fisiografía del área. En este sentido, pueden encontrarse suelos bien drenados de colinas y suelos de drenaje lento en los valles

### 3.2.5 Aspectos Administrativos de la unidad de manejo

El Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-, en representación del Estado de Guatemala, otorgó en 1994 bajo la figura de concesión, en un plazo prorrogable de 25 años, una extensión de 7,039 ha a las comunidades de San Miguel y la Milpa, San Andrés, Petén. De éstas, 5,115 ha tienen potencial forestal, 1,279 ha de bosques para protección y 645 ha para usos agropecuarios (30).

La unidad de manejo San Miguel es administrada por una organización empresarial/productiva denominada Asociación de Productores de San Miguel (APROSAM), estructurada por una asamblea general, junta directiva, administración de las actividades de manejo y comisión de vigilancia. La asamblea de la organización esta conformada por 35 familias de los caseríos de San Miguel, La Milpa y Yarxché.

Desde inicios del proceso en 1990 hasta el año de 2,000, el Proyecto OLAFO/CATIE brindó asistencia técnica y asesoría en las actividades de manejo de los recursos naturales, especialmente el bosque natural. También participó en esta etapa el proyecto Producción en Bosques Naturales PBN/CATIE y eventualmente apoyó el proyecto CATIE/CONAP. En 1998 se integró al proceso el Proyecto CENTRO MAYA y actualmente es apoyada por técnicos forestales de CONAP y el proyecto BIOFOR/Chemonics con fondos de USAID/Guatemala.

Las principales actividades de manejo forestal realizadas por la comunidad consisten en la ejecución de aprovechamientos de baja intensidad y de características mejoradas respecto a los tradicionales. Esto se debe principalmente por las operaciones de tumba, métodos de inventarios operativos, selección de árboles semilleros, planificación de las vías de extracción, entre otros.

Las actividades propias de aprovechamiento iniciaron en 1994 y hasta la fecha llevan 9 años ejecutando el plan de manejo forestal, el cual fue actualizado en el año 2,001. El plan inicial contempla el establecimiento de áreas de corta anuales de aproximadamente 224 ha y un ciclo de corta para caoba y cedro de 40 años y para las demás especies de 20 años. El ciclo de corta fijado en la actualización del plan de manejo es 60 años para todas las especies. El diámetro mínimo de corta es de 60 cm para caoba y cedro y 40 cm para otras especies. Sin embargo, las áreas de corta anual o unidades de manejo tienen un promedio de 107.5 ha, con un rango de 42.5 a 180 ha. El volumen comercializado promedio es de 0.69 m<sup>3</sup>/ha, con un rango de 0.47 a 1.11 m<sup>3</sup>. Se utilizan solamente seis especies arbóreas: caoba, cedro, santa maría, malerio colorado, Manchiche y jobillo (30)

### **3.2.6 Antecedentes del sitio de estudio: Unidad de corta Yarxché**

De acuerdo con Gálvez, 1996(14), la comunidad de San Miguel y el proyecto Olafo-PBN/CATIE seleccionaron la primer área de corta piloto de 42.5 ha en Yarxché donde se realizó el primer aprovechamiento forestal en 1994. Esta área se estableció con el propósito de convertirla en una unidad piloto de investigación, para la evaluación y seguimiento de las actividades realizadas. Los resultados de dichas investigaciones permitirán en el mediano y largo plazo fortalecer o retroalimentar las decisiones relacionadas con el manejo de los recursos naturales, tanto al nivel de la concesión de San Miguel, como de la Zona de Usos Múltiples de la RBM en general.

Como se muestra en la **Figura 2**, en el sitio experimental Yarxché antes de la ejecución del aprovechamiento forestal se instalaron 21 parcelas permanentes de medición o control (PPM o PPC) de 0.25 ha cada una. En estas parcelas se evaluó el efecto, no sólo del aprovechamiento maderero, sino también de otras intervenciones de manejo, sobre las especies de interés para el manejo diversificado.

Estas parcelas permanentes fueron medidas anualmente desde 1993 a 1999 por personal del proyecto CATIE/OLFO. La datos se encuentran disponibles en la Unidad de Manejo de Bosques (UMB) en la sede central de CATIE, Turrialba, Costa Rica.

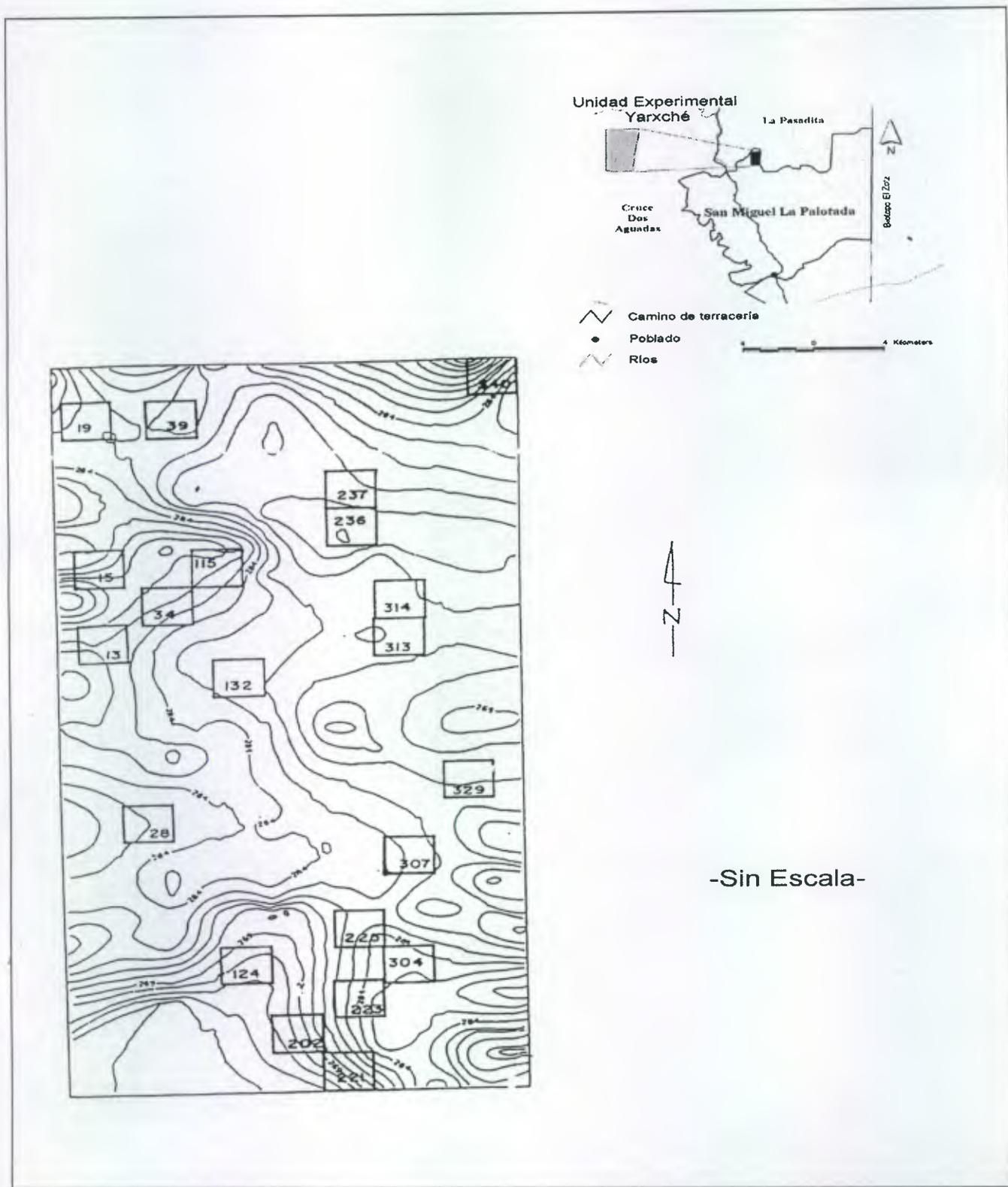


Figura 2: Ubicación de las parcelas permanentes de muestreo en Yarxché, San Miguel; Petén.

Fuente Girón, 1998 (15)

En el Cuadro 1 se presentan las principales actividades que fueron ejecutadas en Yarxché hasta el año de 1999.

Cuadro 1: Principales actividades de manejo e investigación ejecutadas en Yarxché, San Miguel.

FECHA	ACTIVIDADES
Agosto 1993	- Instalación y medición de 12 PPC
Noviembre de 1993	- Inventario de bayal en 12 PPC
Noviembre 1993	- Inventario de xate en 21 PPC
Febrero 1994	- Instalación y medición de 9 PPC
Febrero 1994	- Inventario de bayal en 9 PPC
Febrero 1994	- Inventario y marcaje de árboles de tamaño mayor o igual al DMC selección de semilleros
Febrero 1994	- Medición de latizales en 21 PPC
Marzo 1994	- Eliminación de lianas en árboles a tumbar
<b>Abril a mayo de 1994</b>	- <b>Aprovechamiento forestal</b>
Septiembre 1994	- Evaluación dasométrica de las 21 PPC: para estudios de composición, estructura, crecimiento diamétrico, reclutamiento, mortalidad, daños del aprovechamiento
Noviembre 1994	- Tratamiento de liberación en 12 PPC
Abril 1995	- Inventario de bayal y xate en 21 PPC
Abril 1995	- Crecimiento y rendimiento de xate y bayal
Febrero 1995	- Estudio de regeneración de micrositios perturbados
Septiembre 1995	- Evaluación dasométrica de las 21 PPC: para estudios de composición, estructura, crecimiento diamétrico, reclutamiento, mortalidad y daños del aprovechamiento
Septiembre 1996	- Evaluación dasométrica en 21 PPC
Septiembre 1997	- Evaluación dasométrica en 21 PPC
Septiembre 1998	- Evaluación dasométrica en 21 PPC
Septiembre de 1999	- Última evaluación dasométrica en 21 PPC

FUENTE: Modificado de Gálvez, 1996(14).

### 3.2.6.1 Descripción del aprovechamiento forestal

Las actividades realizadas en Yarxché antes del aprovechamiento fueron: censo comercial, considerando diámetros mínimos de corta de 60 cm para caoba y cedro y 40 cm para otras especies, identificación y marcado de árboles semilleros, elaboración de mapa de ubicación y levantamiento topográfico para construcción de caminos, eliminación de lianas en árboles a tumbar, y ubicación y marcado de árboles de

menor tamaño al diámetro de corta. Según, Marmillod y Gálvez, 1998(22), este aprovechamiento se planificó para causar el menor impacto posible al ecosistema.

Dentro de los aspectos de mayor importancia ejecutados en el aprovechamiento, se tienen: tumba dirigida, habilitación y construcción de caminos según mapa de ubicación de árboles y condiciones topográficas. Los caminos y bacadillas fueron construidos manualmente con motosierra, al igual que todas las labores de apeo. El arrastre de trozas se realizó con bueyes y cuando éstas medían más de 50 cm de diámetro se utilizó tractor agrícola (14).

En total se tumbaron 1.45 árboles/ha, que equivalen a 5.56 m<sup>3</sup>/ha y 0.43 m<sup>2</sup>/ha. (1.62% del área basal inicial total y 12% del área basal de las especies comerciales con dap  $\geq$  10 cm) (14).

Como se aprecia en la **Figura 3**, el área total afectada en el aprovechamiento fue de 3.47 ha, que equivale al 8.17% de área total de aprovechamiento. De ésta, por claros de tumba se afectó una superficie de 2.13 ha(5%), por caminos y pistas de arrastre se dañó 1.21ha (2.85%) y por la construcción de patios de acopio o bacadillas, 0.13 ha(0.31%) (14).

### 3.2.6.2 Descripción de las Parcelas Permanentes de Control instaladas en Yarxché

Las 42.5 ha de Yarché-1, tienen forma rectangular y fueron divididas en parcelas de 50 X 50 m (0.25 ha), 21 de las cuales se destinaron para mediciones permanentes. A la vez, estas parcelas han sido seccionadas en 25 unidades de medición o subparcelas de 10 X 10 m. (15)

Según el **Cuadro 2**, las parcelas permanentes se ubicaron de acuerdo a dos criterios:

1. La intensidad del aprovechamiento que se realizaría post-instalación y medición en 1994: Parcelas con ningún árbol a talar y parcelas con 1 y 2 árboles a talar.
2. La distribución espacial: Parcelas distribuidas en cuatro fajas de 100 por 1000 m.

Cuadro 2: Ubicación de las parcelas permanentes de control y su relación con el aprovechamiento forestal de 1994 (etapa de pre-aprovechamiento), Yarxché, San Miguel.

INTENSIDAD DEL PRIMER APROVECHAMIENTO	DISTRIBUCIÓN POR FAJAS (en metros)			
	Faja 0 – 100	Faja 100-200	Faja 200-300	Faja 300-400
0 árboles talados	19, 28, 34	115, 132	223	304, 313, 314, 340
1 árbol talado	13, 15, 19		221, 237, 225	307, 329
2 árboles talados		124	202, 236	

FUENTE: Gálvez, 1996(14)

En el Cuadro 3 y la Figura 3 se presenta el estado actual de las parcelas permanentes de control en Yarxché después de realizadas las actividades de aprovechamiento y el tratamiento de liberación. Se pueden distinguir claramente cuatro grupos de parcelas: a) no intervenidas, b) afectadas solamente por el aprovechamiento, c) afectadas por el aprovechamiento y donde se aplicó también tratamiento de liberación y d) donde se aplicó solamente el tratamiento de liberación.

### 3.2.6.3 Variables registradas en las parcelas permanentes

Según Girón, 1998(15) la toma de datos de especies maderables se diferencia según el tamaño de los individuos con base a la clasificación siguiente: El registro de los datos para el grupo **Arboles  $\geq$  a 10 cm** de diámetro a la altura del pecho, se realiza en forma de censo en la parcela de 50m x 50m, registrando todo individuo presente en la misma. Los individuos se marcan en la parcela de 50m x 50m de acuerdo a la subparcela respectiva: Al tomar el diámetro a la altura del pecho o sea a 1.30m de altura del árbol se marcó una línea alrededor del árbol con pintura de aceite de color rojo, colocando arriba de la marca el número que identifica a la subparcela y bajo de la marca el número correlativo que identifica al árbol. Además se colocó una plaqueta de aluminio con la misma identificación del árbol.

**Cuadro 3:** Actividades y grados de impacto por el aprovechamiento forestal y el tratamiento de liberación en las parcelas permanentes en Yaxché, San Miguel.

Número De parcela Permanente	Ningún Tipo de Intervención	INTERVENIDAS			
		Solo aprove- chamiento % área	Aprov. + liberación		Solo Liberación No árb/ha
			Aprov. % área	Liberación No árb/ha <sup>1</sup>	
13			6	36	
15			14	92	
19			12	100	
28	X				
34			0.16	36	
39			8	40	
115			10	20	
124		31			
132			9	48	
202		13			
221		11			
223	X				
225		16			
236			23	8	
237			4	8	
304		2			
307		6			
313					36
314			15	52	
329		11			
340					28
<b>No. Total</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>10</b>		<b>2</b>
<b>Tratamiento<sup>2</sup></b>	<b>Pno</b>	<b>PA</b>	<b>PA+PL</b>		<b>PL</b>

Fuente: Modificado de Gálvez, 1996(14)

<sup>1</sup> Número de árboles inyectados por hectárea

<sup>2</sup> Según esta investigación.

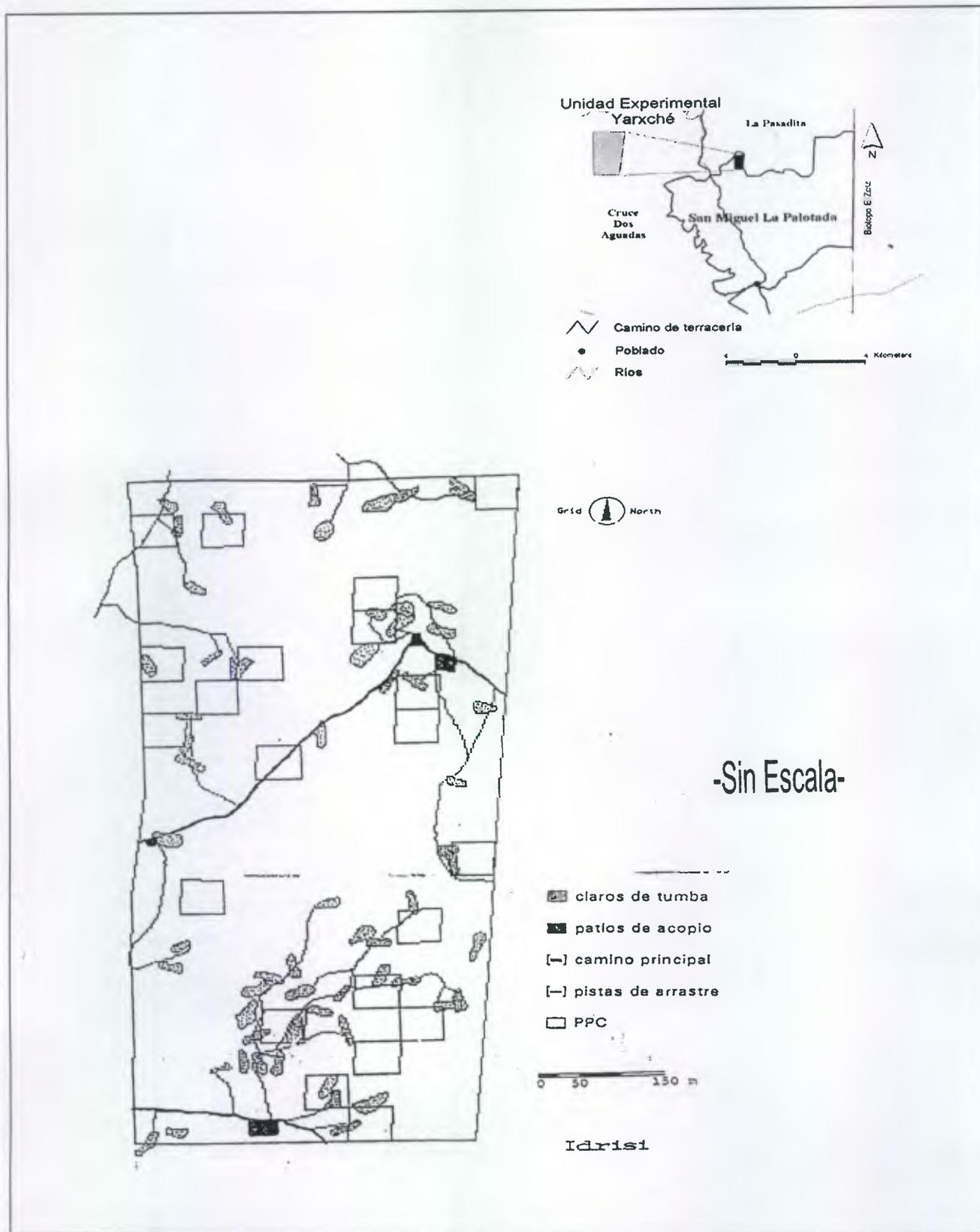


Figura 3: Impacto del aprovechamiento en el bosque de la unidad de corta Yarxché, San Miguel, Petén.

Fuente: Gálvez, 1996 (14)

Según Girón, 1998(15) las variables registradas en las mediciones anuales sucesivas y objeto de análisis en la presente investigación son las siguientes:

a) **GR** Grupo al que pertenece la ppm, según fecha de instalación:

1= instaladas en agosto de 1993

2= instaladas en febrero de 1994

b) **PPM**: Número de la parcela, correlativo que identifica a cada PPC que fue inventariada.

c) **SUB**: Número de la subparcela de 10m x 10m. Es correlativo y siempre contiguo de 1 a 25 en cada parcela de 50m x 50m.

d) **NA**: Número del individuo, correlativo dentro de cada subparcela de 10 x 10 m.

e) **NOMB** Nombre común del individuo

f) **UE** Unidad de evaluación:

1= árboles  $\geq$  10cm de dap, en todas las subparcelas de 10 por 10 m.

g) **VI** Estado de viabilidad:

0= árbol vivo,

1= árbol casi muerto en pie, 2= árbol casi muerto caído,

3= árbol muerto en pie,

4= árbol muerto caído, 5= tocón,

6= rebrote,

7= vivo caído,

8= vivo sin copa.

h) **DAP**: Diámetro medido según marca permanente en el fuste (1.3 m sobre la superficie o a 0.3 m sobre terminación de gambas).

i) **CF** Calidad de fuste:

1= actualmente comercial,  
aprovechable,

2= comercial en futuro,

3= con 6m aprovechable y una parte no

4= totalmente deformado

5= dañado, 6= podrido.

j) **ILU** Iluminación de copa:

1= ninguna luz directa,

2= luz lateral moderada,

3= alguna luz de arriba, 4= plena

luz de arriba y,

5= copa completamente expuesta.

k) **FC** Forma de copa: Synnot, 1979, citado por Girón, 1998 (15)

1= perfecta, 2= buena, 3= tolerable, 4= pobre, 5= muy pobre, 6= vivo sin copa.

l) **LIA** Presencia de lianas:

1= no visible en fuste y no visibles en copa, 2= no visible en fuste pero existentes en copa

3= no visible en fuste y cubriendo más del 50% de copa

4= sueltas en fuste pero no visibles en copa 5= sueltas en fuste y existentes en copa

6= sueltas en fuste y cubriendo más de 50% de copa

7= apretando fuste y no visible en copa 8= apretando fuste y existentes en copa

9= apretando fuste y cubriendo más de 50% en copa

- m) **LC Infestación de lianas en copa:** Clark y Clark, 1990, citado por Giron, 1998 (15)  
 1=0%, 2=1-25%, 3= 25-50%, 4= 51-75%, 5= 76-100%
- n) **LF Infestación de lianas en fuste:**  
 1= fuste sin influencia de lianas, 2= fuste afectado levemente por la presencia de lianas,  
 3= fuste afectado severamente por la presencia de lianas.
- o) **TRA Identificador de tratamiento, mortalidad, daños, medidas especiales, otros:**  
 11= árbol liberado, 21= árbol envenenado por tratamiento de liberación, 22= árbol sin dap en la segunda medición (por imposibilidad de realizar la medición, defectos en el árbol u otro factor). 33= árbol cosechado por aprovechamiento, 44= árbol muerto por aprovechamiento, 55= árbol muerto naturalmente, 66= árbol muerto por otras causas (no aprovechamiento, no natural), 80= reclutamiento,  
 81= árbol presente en la subparcela pero no medido durante la primera medición de instalación. 99= árbol sin ningún tratamiento.
- p) **GRU-COM: Grupo comercial según primer Plan de Manejo Forestal (5)**  
**Primarias maderable (PM):** Especies de alto valor comercial actual, caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*).  
**Secundarias con uso (SconU):** Especies maderables secundarias actualmente comercializables pero con menor demanda que PM, amapola (*Pseudobombax ellipticum*), jobillo (*Astronium graveolens*), malerio colorado (*Aspidosperma megalocarpon*), malerio blanco (*Aspidosperma gomeris*), manax (*Pseudolmedia oxiphyllaria*), manchiche (*Lonchocarpus castilloi*) y santa maría (*Calophyllum brasiliense*).  
**Secundarias sin uso (SsinU):** Especies maderables, actualmente no comercializables, pero con potencial de manejo, principalmente ramón (*Brosimum costaricanum*), silión (*Pouteria amygdalina*), tempisque (*Bumelia mayana*) y jobo (*Spondias mombin*), entre otras especies.  
**Terciaria (Ter):** Especies maderables, actualmente no comercializables, sin potencial de manejo debido a su escasez y crecimiento diamétrico limitado. Constituido por todas las especies no incluidas en los demás grupos.  
**Primaria no maderable (PnoM):** Especies actualmente comercializables obteniendo de ellas productos no maderables, resina de chicozapote (*Manilkara zapota*), frutos de pimienta (*Pimenta dioica*) y follaje de botan o guano (*Sabal* spp.)
- q) **GRU-PMF: Grupo comercial actual según revisión del plan de manejo forestal (6)**  
**AAACOM:** Especies de uso maderable muy valiosas y cotizadas en el mercado nacional e internacional  
**ACTCOM:** Especies maderables, actualmente comerciales, pero con menor valor al grupo AAACOM  
**AAANOM:** Especies muy valiosas, cuyo producto es diferente de la madera. Pueden ser arbóreas, pero su uso como madera esta vedado por ley.

**POTCOM:** Especies maderables consideradas potencialmente comerciales en el transcurso del período de vigencia del presente plan.

**SIVAL:** Especies sin valor comercial actual.

r) **ECOL: Gremio ecológico:** Finegan, 1993, citado por Giron, 1998 (15)

HD= heliofita durable, HE= heliofita efimera, EP= esciofita parcial, NC= no conocido.

s) **Variables de sitio:** Gálvez, 1996 (14)

s.1) Profundidad del suelo: 1= < 15 cm, 2= 15 a 30 cm, 3= 30 a 60 cm, 4 = ≥ 60 cm.

s.2) Pedregosidad: 1= sin piedras o escasas, 2= moderadamente pedregoso, 3= interfiere labores, 4= interfiere maquinaria, 5= cubre 15 a 90% de la superficie.

s.3) Drenaje: 1= muy escasamente drenado, 2= escasamente drenado, 3= imperfectamente drenado, 4= moderadamente bien drenado, 5= bien drenado, se elimina agua con facilidad, pero no rápidamente, 6= excesivamente drenado.

s.4) Pendiente en porcentaje (%).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del aprovechamiento forestal maderable y el tratamiento silvicultural sobre la estructura, composición y dinámica del bosque natural en San Miguel La Palotada, San Andrés, Petén, Guatemala.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

**4.2.1** Determinar el efecto del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural sobre la estructura y composición de la vegetación con DAP superior a 10 cm.

**4.2.2** Determinar el efecto del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural sobre el incremento diamétrico de la vegetación arbórea (> 10 cm de DAP) por clases de tamaño y grupos de especies y su relación con variables silvícolas y las condiciones de sitio.

**4.2.3** Determinar el efecto del aprovechamiento y el tratamiento silvicultural sobre las tasas de mortalidad y reclutamiento de la vegetación arbórea con DAP superior a 10 cm y su relación con variables silvícolas y las condiciones de sitio.

## 5. HIPOTESIS

5.1 El aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural afectan significativamente la composición florística y estructura de la vegetación con DAP superior a 10 cm.

5.2 El tratamiento silvicultural incrementa significativamente el crecimiento diamétrico de los árboles tratados.

5.3 El aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural afectan significativamente las tasas de mortalidad y reclutamiento de la vegetación arbórea con DAP superior a 10 cm.

## 6. METODOLOGIA

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó la base de datos de las parcelas permanentes de muestreo del sitio experimental Yarxché, San Miguel, Petén. Esta información fue recopilada por el proyecto CATIE/OLAFO durante 6 años, realizando mediciones anuales desde el año 1993 a 1999. Este estudio se limita al análisis de gabinete de la base de datos, incluyendo los registros del período de 1993 a 1998.

### 6.1 Estructura horizontal del bosque

Para la determinación de la estructura del bosque se analizó la información de acuerdo a dos etapas. **Etapas I:** Pre-aprovechamiento, 1993 y **Etapas II:** Post-aprovechamiento 1998, después de cuatro años de realizado el aprovechamiento forestal maderable.

Se efectuaron análisis antes del aprovechamiento y tratamiento silvicultural. Para ello se utilizaron las mediciones realizada en las 21 parcelas permanentes establecidas en 1993, según los registros de dap,  $\geq 10$  cm, y especie, que permitieron obtener la siguiente información: a) Abundancia, número de individuos/ha, en términos totales y por clases de dap en rangos de 10 cm y agrupadas según la especie y por grupos de manejo: primarias maderables (PM), secundarias con uso (SconU), Secundarias sin uso (SsinU), terciarias (Ter) y primarias no maderables (PnoM). b) Dominancia, expresada como área basal  $m^2/ha$ , en términos totales y por clases de dap en rangos de 10 cm y agrupadas según la especie y por grupos de manejo: primarias maderables (PM), secundarias con uso (SconU), Secundarias sin uso (SsinU), terciarias (Ter) y primarias no maderables (PnoM).

Para determinar la tendencia de la dinámica de la estructura del bosque se efectuaron análisis cuatro años después del aprovechamiento. Para ello se utilizaron las mediciones realizadas en las 21 parcelas permanentes en 1998, según los registros de dap ( $\geq 10$  cm) y especie que permitieron obtener la información sobre abundancia y dominancia en esta etapa.

## 6.2 Composición florística

Para la determinación de la composición florística de la vegetación arbórea se analizó la información de acuerdo a dos etapas. **Etapa I:** Pre-aprovechamiento, 1993, y **Etapa II:** Post-aprovechamiento, después de cuatro años de realizado el aprovechamiento forestal maderable, 1998.

Las variables evaluadas fueron:

a) **Índice de valor de importancia IVI %:** El Índice de valor de importancia se determinó al nivel de especies, familia y grupos comerciales.

$$\text{IVI(especie)} = \text{A\%} + \text{D\%}$$

Donde:

A%= Abundancia relativa de la especie, calculada como  $A/N$  por 100, en donde:

A= Número de individuos por hectárea de la especie a partir de 10 cm de dap

N= Número total de individuos por hectárea de toda la comunidad arbórea a partir de 10 cm de dap

D%= Dominancia relativa de la especie, calculada como  $D/G$  por 100, en donde:

D= Área basal ( $\text{m}^2$ ) por hectárea de todos los individuos de la especie a partir de 10 cm de dap

G= Área basal ( $\text{m}^2$ ) por hectárea de toda la comunidad arbórea a partir de 10 cm de dap

### b) Riqueza Florística

La riqueza florística de la vegetación arbórea se evaluó a través de la curva especie/área, la cual proporcionó información sobre el incremento de especies en superficies variables, a partir de diámetros mínimos variables.

La curva se construyó de acuerdo con la metodología propuesta por Marmillod, 1982, citado por varios autores, Quevedo, 1986(29), Lamprecht, 1990(19) y Saravia, 1995(31).

El procedimiento seguido para la elaboración de la curva fue el siguiente:

i) Se eligió por sorteo la subparcela inicial de observación, la cual es de área conocida

$$(100 \text{ m}^2) = (A_s)$$

- ii) Se determinó el número de especies presentes en la subparcela (As) =  $(Nsp_{1As})$
- iii) Se eligió nuevamente por sorteo otra subparcela, la cual es de igual área
- iv) Se determinó y acumuló el número de especies nuevas que aparecieron en la segunda subparcela =  $(Nsp_{2As})$
- v) Se repitieron los pasos anteriores hasta concluir con las 525 subparcelas en las 21 parcelas permanentes.

Esta repetición, que tiene un número de observaciones igual al número de subparcelas y debido a que la curva especie/área es obtenida por el promedio de 10 repeticiones, tiene la forma: :

$$\begin{array}{ccc} n & n & n \\ \sum Nsp_{1As} & \sum Nsp_{2As} & \sum Nsp_{525As} \\ 1 & 1 & 1 \\ \hline 10 & 10 & 10 \end{array}$$

Las curvas se obtuvieron de acuerdo con los siguientes grupos:

- 1) Árboles con dap  $\geq 10$  cm
- 2) Árboles con dap  $\geq 30$  cm
- 3) Árboles con dap  $\geq 60$  cm

El análisis de la información se hizo de acuerdo con la medición de 1993 y 1998 utilizando los registros de especies, número de subparcela, área por subparcela ( $100 \text{ m}^2$ ) para el total de 21 parcelas permanentes, lo que hace un total de 525 subparcelas que se incluyeron en el procesamiento de la información.

### c) Diversidad florística

La diversidad florística se estimó de acuerdo con el índice de *Simpson*, citado por Delgado *et al.*, 1998(10) para toda la población arbórea a partir de 10 cm de DAP, utilizando la fórmula siguiente:

$$\alpha = \sum n_i (n_i - 1) / (N(N-1))$$

Donde:

$\alpha$  = Probabilidad de que dos individuos tomados al azar de determinada muestra pertenezcan a la misma especie

$n_i$  = Número de individuos de la *i*-ésima especie a partir de 10 cm de dap, por parcela permanente.

$N$  = Número total de individuos en la parcela permanente a partir de 10 cm de DAP.

Este índice varía de 0 a 1, e indica la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una misma población pertenezcan a una misma especie. La diversidad de una población será mayor conforme muestre un menor valor de  $\alpha$ .

#### d) Similitud florística

Para evaluar los cambios y la dinámica a nivel de la comunidad vegetal arbórea se determinó la similitud florística entre parcelas considerando las etapas pre y post-aprovechamiento. Se utilizó el coeficiente de Czekanowski, citado por Matteucci y Colma, 1992(23) y Delgado *et al.*, 1997(10).

$$PS_{y,y} = 2 \sum_{i=1}^n \min(x_{iPyPre}, x_{iPyPost}) / \sum_{i=1}^n (x_{iPyPre} + x_{iPyPost})$$

Donde:

$PS_{y,y}$  = Coeficiente de similitud de Czekanowski, entre cada parcela permanente en las etapas de pre y post-aprovechamiento.

$x_{iPyPre}$  = Cantidad de la especie  $i$  ( $\geq 10$  cm DAP) en la parcela permanente  $y$  antes del aprovechamiento

$x_{iPyPost}$  = Cantidad de la especie  $i$  ( $\geq 10$  cm DAP) en la misma parcela permanente  $y$  después del aprovechamiento

$\min(x_{iPyPre}, x_{iPyPost})$  = Cantidad mínima de la especie  $i$  común a la parcela permanente  $y$  en las dos etapas (pre y post-provechamiento).

El coeficiente de similitud de Czekanowski oscila entre 0 y 1 y donde 1 indica máxima similitud entre parcelas permanentes en las dos etapas y 0 parcelas completamente disímiles.

### 6.3 Incremento diamétrico y basimétrico de la vegetación

Para el análisis de incremento se eliminaron las palmas debido a que no poseen estructuras de crecimiento secundario. Asimismo, los incrementos de los árboles muertos se excluyeron. También, se estableció un rango de incrementos de - 2 a 25 mm, con el objetivo de eliminar aquellos incrementos fuera de este rango ya que se consideran dudosos y que pueden aumentar la variabilidad.

El incremento diamétrico (cm) y basimétrico ( $m^2$ ), se determinó con base en los registros a nivel de individuos  $\geq 10$  cm de dap, para luego calcular los siguientes estimadores estadísticos: media, mediana, moda, desviación estándar, coeficiente de variación con el objetivo de determinar su distribución y decidir sobre la medida de tendencia central que exprese mejor el incremento de los grupos y tratamientos considerados.

La fórmula para obtener el incremento anual al nivel de individuo,  $\geq 10$  cm DAP, fue la siguiente:

$$\text{IMA} = \frac{D2\text{cm} - D1\text{cm}}{t}$$

Donde:

IMA= Incremento diamétrico medio anual (cm/año).

D1cm= Diámetro a 1.30 m de altura obtenido en la primera medición;

D2cm= Diámetro a 1.30 m de altura obtenido en la segunda medición;

t= Tiempo transcurrido entre mediciones, expresado en años con cifras decimales.

Para obtener el incremento basimétrico los datos de diámetro, en cm, fueron transformados a área basal en  $\text{m}^2$ .

La fórmula para el cálculo del incremento basimétrico relativo, Wadsworth s.f., citado por Pinelo, 1997(27), fue:

$$\text{IMA} (\%) = \frac{AB2 - AB1}{t} * 100$$

$$\frac{(AB1 + AB2)}{2}$$

Donde:

IMA(%)= Incremento basimétrico relativo (% del área basal inicial)

AB1= Area basal  $\text{m}^2$  registrada en la primera medición

AB2= Area basal  $\text{m}^2$  registrada en la siguiente medición

t = Intervalo de tiempo transcurrido entre la primera y última medición, expresado en años con cifras decimales.

El incremento diamétrico y basimétrico medio anual -IMA-, se calculó según las mediciones realizadas en las 21 parcelas permanentes en el periodo de 1993/1994 a 1998. Es decir, alrededor de 5 años después de la primera medición.

### 6.3.1 Análisis del incremento por grupos de especies

Se efectuaron análisis de incremento diamétrico según los siguientes grupos:

a) Toda la vegetación (comunidad arbórea total)

b) **Por grupos comerciales.** **AAACOM:** Especies de uso maderable muy valiosas y cotizadas en el mercado nacional e internacional, **ACTCOM:** Especies maderables, actualmente comerciales, pero con menor valor que el grupo AAACOM, **AAANOM:** Especies muy valiosas, cuyo producto es diferente de la madera. Pueden ser arbóreas, pero su uso como madera está vedado por ley. **POTCOM:** Especies maderables consideradas potencialmente comerciales en el transcurso del período de vigencia del presente plan. **SIVAL:** Especies sin valor comercial actual.

c) **Por grupos ecológicos:** Heliófila durable y esciófila parcial.

d) **Por clases de dap,** 10-19.9, 20-29.9, 30-39.9, 40-49.9, 50-59.9, 60 a 69.9, y  $\geq 70$  cm, para toda la comunidad arbórea.

e) **Agrupación de especies según velocidad de incremento:** Para la definición de grupos según su velocidad de incremento se determinó el primer cuartil, la media y el tercer cuartil del incremento medio anual por especie. Posteriormente se realizó un análisis de conglomerados para estos tres parámetros por el método de k-medias con el software estadístico JMP ver. 3.1.6 del SAS Institute (32). Posteriormente se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias para determinar diferencias específicas entre las tres variables para los grupos considerados. Se utilizó esta metodología de acuerdo con la experiencia de varios autores, entre ellos Louman *et al.*, 2001 (20) y Camacho y Finegan, 1997 (4).

### 6.3.2 Análisis del incremento de árboles tratados

Para el análisis de incrementos según tratamientos se evaluó la efectividad del tratamiento de liberación practicado en las parcelas permanentes de Yarxché, utilizando los registros anuales de la variable de estado de viabilidad (descrita en el punto 3.2.6.3) de todos los individuos inyectados con arboricidas. Posteriormente se analizaron los incrementos de los árboles tratados (liberados) y los testigos (no tratados). El incremento diamétrico medio anual -IMA- para los tratamientos se calculó según el período de medición post-tratamientos 1995 a 1998.

### 6.3.3 Relación entre incremento y variables silvícolas

Para determinar la relación entre el incremento al nivel de individuo y las variables silvícolas estimadas para

cada uno de ellos se utilizó el coeficiente de correlación de rangos o fórmula de Spearman (28) para la correlación de rango. Las variables, descritas en el punto 3.2.6.3, y que fueron analizadas en la presente investigación fueron las siguientes:

- a) Calidad de Fuste
- b) Iluminación de copa
- c) Forma de copa
- d) Infestación de lianas en la copa

### 6.3.4 Relación entre incremento y condiciones de sitio

Para determinar la relación entre el incremento a nivel de individuo y las variables de sitio registradas en cada subparcela se utilizó el coeficiente de correlación de rangos o fórmula de Spearman (28) para la correlación de rango. Las variables de sitio analizadas fueron:

#### a) Profundidad del suelo

1= < 15 cm,      2= ≥ 15 y < 30 cm,      3= ≥ 30 y < 60 cm    y      4= ≥ 60 cm.

#### b) Drenaje

1= Muy escasamente drenado,    2= Escasamente drenado,  
 3=Imperfectamente drenado,    4= Moderadamente bien drenado,  
 5= Bien drenado, se elimina agua con facilidad, pero no rápidamente y  
 6= Excesivamente drenado

#### c) Pedregosidad

1= Sin piedras o escasas,          2= Moderadamente pedregoso, 3= Interfiere labores de maquinaria y  
 4= Cubre 15-90% de la superficie.

#### d) Clase de pendiente %

1= 0 a < 15, 2= ≥ 15 a < 30, 3= ≥ 30 a < 45, 4= ≥ 45 a ≤ 60, 5= > 60 ≤ 70, y 6= ≥ 70.

## 6.4 Mortalidad y reclutamiento de la vegetación

### 6.4.1 Mortalidad

Los análisis de mortalidad se efectuaron considerando todos los individuos que no se localizaron o murieron entre las mediciones de 1993 a 1998. Se hizo una separación entre las siguientes causas, según la variable de identificación de tratamiento: árbol envenenado por tratamiento de liberación (liberación), árbol cosechado por aprovechamiento (talado), árbol muerto por actividades de aprovechamiento e individuos muertos

naturalmente.

Se determinaron valores absolutos y tasa de mortalidad, de acuerdo a grupos de especies comerciales por clases de diámetro. Asimismo, se determinaron las tasas de mortalidad para los mismos grupos según los tratamientos aplicados (**pNo**, **pA**, **pA+L** y **pL**)

De acuerdo con el **cuadro 3** y **figura 3** donde se presentan las actividades y los grados de impacto provocados por el aprovechamiento forestal y el tratamiento de liberación en las parcelas permanentes, se realizó una agrupación de parcelas según el tipo de tratamiento:

- a) **Parcelas sin ninguna intervención (pNo)**: Dos parcelas, 28 y 223, las cuales no fueron sometidas a ningún tipo de intervención y se considerarán como parcelas testigo.
- b) **Parcelas con aprovechamiento solamente (pA)** : Siete parcelas, 124, 202, 221, 225, 304, 307 y 329, en las cuales solo se practicó aprovechamiento forestal en 1994. (siete parcelas)
- c) **Parcelas con aprovechamiento y liberación (pA+L)**: Diez parcelas, 13, 15, 19, 34, 39, 115, 132, 236, 237 y 314, en las cuales se realizó aprovechamiento forestal y se aplicó un tratamiento de liberación, ambos en 1994.
- d) **Parcelas con tratamiento de liberación solamente (pL)**: Dos parcelas, 313 y 340, donde únicamente se aplicó un tratamiento de liberación en 1994.

La tasa anual de mortalidad se obtuvo a partir de la fórmula propuesta por Hall y Bawa, 1993, citado por Pinelo 1997 (27):

$$m\% = 100 * \{ [\ln (N_i / (N_i - m))] / t \}$$

Donde:

m%= Tasa anual de mortalidad

ln= Logaritmo natural

N<sub>i</sub> = Número inicial de individuos

m= Número de individuos muertos

t = Intervalo de tiempo expresado en años con cifras decimales.

La Tasa anual de mortalidad natural de reclutamiento según la población inicial de la especie se determinó según la siguiente fórmula:

$$(m\%R) = 100 * (\ln(N/(N-m)))/t$$

Donde:

$(m\%R)$ = Tasa anual de mortalidad natural de árboles reclutas según la población inicial de la especie

$\ln$ = logaritmo natural

$N$ = Población total inicial de la especie

$m$ = Árboles reclutas de la especie

$t$ = Intervalo de tiempo entre mediciones, expresado en años con cifras decimales.

#### 6.4.2 Reclutamiento

El reclutamiento se obtuvo del número promedio de individuos por hectárea que ingresaron en la clase de diámetro inferior:  $dap \geq 10$  cm. Se analizó la información de acuerdo a las especies y grupos comerciales considerando el conjunto total de parcelas permanentes según: a) por período 1993 a 1998; y b) tratamientos aplicados ( $pNo$ ,  $pA$ ,  $pA+L$  y  $pL$ ).

Para el período 1993 a 1998, grupos de especies y tratamientos considerados se calculó la tasa de reclutamiento anual utilizando la fórmula propuesta por Hall y Bawa, 1993, citado por Pinelo 1997 (27).

$$R\% = 100 \{ \ln [(N+r)/N] / t \}$$

Donde:

$R\%$ = Tasa de reclutamiento natural

$\ln$ = Logaritmo natural

$r$ = Número de individuos que ingresaron, según la clase de  $dap$  inferior, latizales o árboles

$N$ = Número de árboles registrados en la primera medición, según la clase de  $dap$  inferior, latizales o árboles.

$t$ = Intervalo de tiempo entre mediciones, expresado en años decimales.

#### a) Relación entre la mortalidad y reclutamiento y variables silvícolas de sitio

Para determinar la relación entre la mortalidad ó reclutamiento y las variables silvícolas y de sitio se utilizó el coeficiente de correlación de rangos o fórmula de Spearman (28) para la correlación de rango. Las variables de observación fueron las siguientes:

a) calidad de fuste b) iluminación de copa c) forma de copa d) presencia de lianas; e) clases de DAP, f) pedregosidad, g) drenaje, h) clases de pendiente y i) profundidad del suelo. En el punto 3.2.6.3 se describen con detalle estas variables.

## 6.5 Análisis estadísticos efectuados

Para decidir sobre el tipo de prueba estadística a aplicar se utilizó dependiendo del número de datos, la prueba de distribución normal de Shapiro-Wilk  $W$  o la prueba KSL (32). De acuerdo con los resultados de estas pruebas y según las características de los datos y número de grupos, se utilizó el siguiente criterio para la aplicación de pruebas estadísticas: a) datos distribuidos normalmente: Prueba de  $t$  pareada o  $t$  para datos independientes o prueba de homogeneidad de la varianza y análisis de varianza (28). b) datos con distribución no normal: Mann-Whitney  $U$  o Kruskal-Wallis o correlación de rangos de Spearman (34). De acuerdo con los resultados de análisis de varianza se realizaron comparaciones múltiples de medias según la prueba de Tukey-Kramer HSD (Honestly Significant Difference)(32). En el caso de la prueba de Kruskal-Wallis se realizaron pruebas posteriores de comparación de medias por rangos (1).

Con el propósito de determinar y evaluar el efecto de aprovechamiento sobre la composición del bosque se efectuaron comparaciones entre grupos en las etapas de pre y post-aprovechamiento, para los parámetros de índice de valor de importancia, diversidad florística y riqueza florística. Para el caso del IVI% se empleó la prueba  $ji$ -cuadrado (34). Para la diversidad florística se aplicó la prueba de  $t$  pareada (28).

Los programas estadísticos utilizados fueron el JMP Versión 3.1.6 del SAS Institute Inc. (32) y el Statistix Versión 1.0 de Analytical Software (1).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Estructura horizontal del bosque

#### 7.1.1 Estructura Pre-aprovechamiento

La abundancia ( $\geq 10$  cm. DAP) del bosque de Yarxché antes del aprovechamiento, es decir, en 1993 y 1994, era de 561.5 árboles/ha. La distribución diamétrica de la abundancia es típica de los bosques tropicales latifoliados en donde el mayor número de individuos pertenece a las clases diamétricas inferiores. Como se observa en la Figura 4, alrededor del 93% (522.16 árboles/ha) de la abundancia se concentra en las clases diamétricas inferiores a 40 cm. De éstas, la clases de DAP entre 10 y 20 cm posee el mayor número de individuos con 335.54 árboles/ha, que corresponde a cerca del 60% del total de árboles.

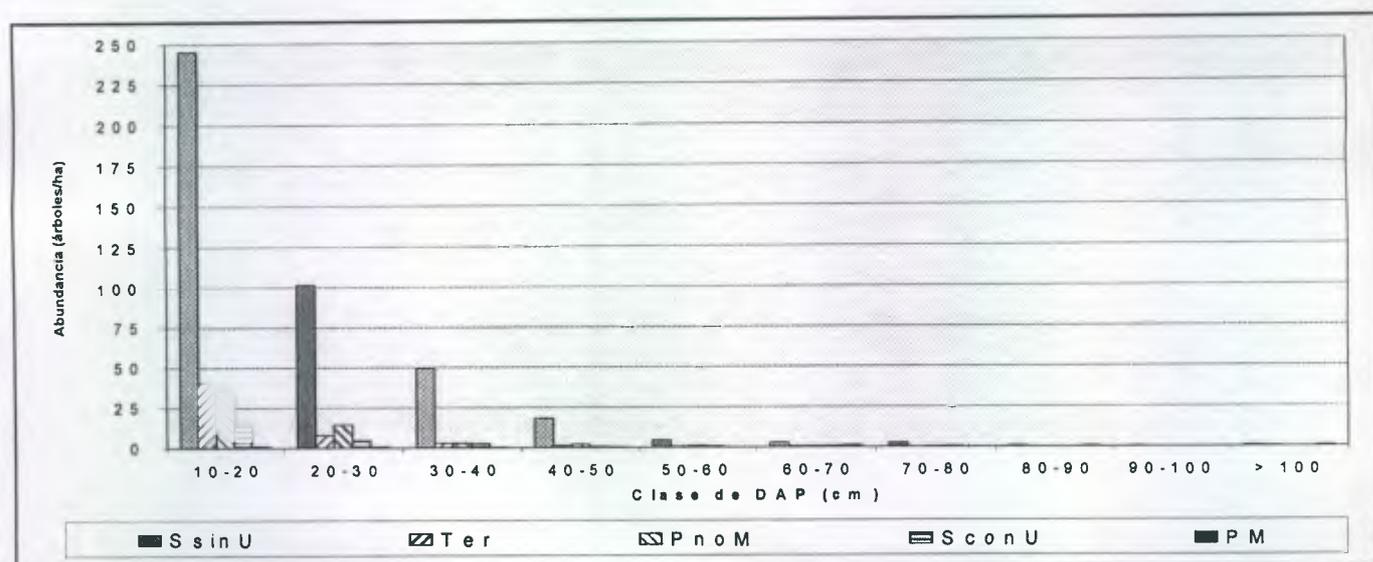


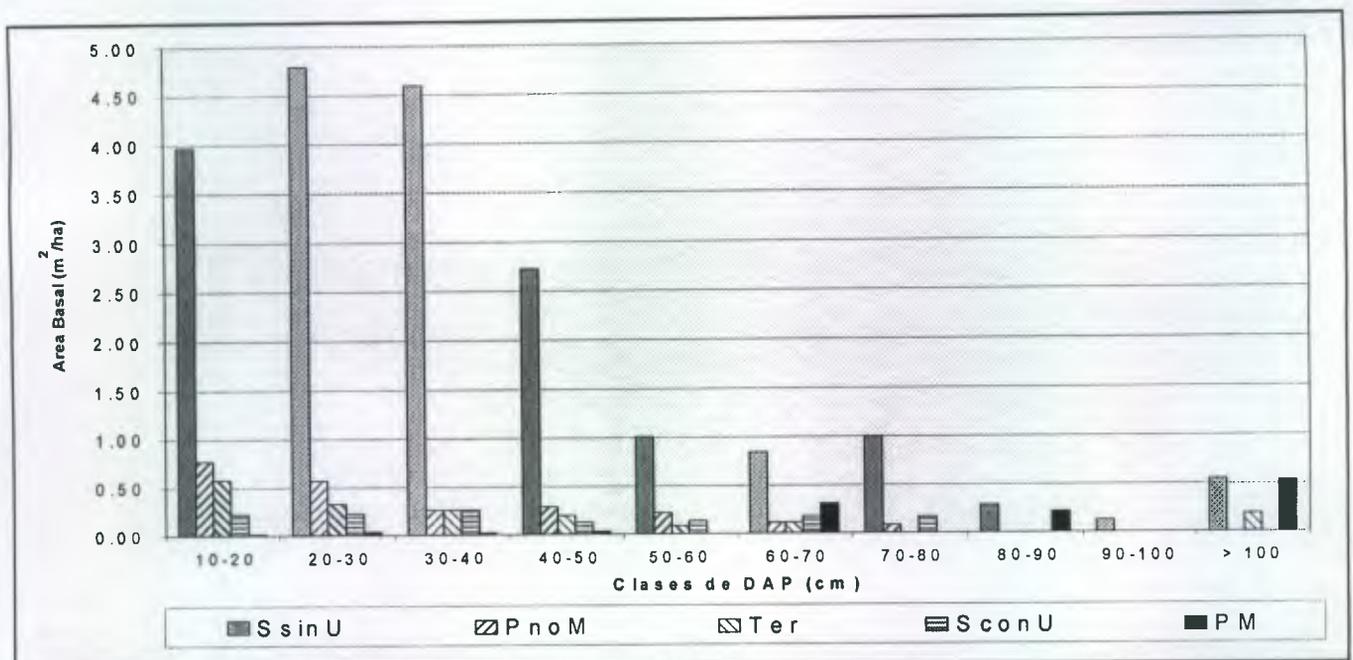
Figura 4: Distribución diamétrica de la abundancia ( árboles/ha )  $\geq 10$  cm DAP por grupos comerciales antes (año 1993/94) del aprovechamiento forestal maderable.

Las especies secundarias sin uso son las que poseían mayor abundancia con 424.97 árboles/ha, que corresponde al 76% del total de individuos. Las especies primarias no maderables tenían una abundancia de 55.76 árboles/ha, 10% del total. Le siguen en abundancia las especies terciarias con 53.03 árb/ha, 9% del total. Las especies secundarias con uso y primarias maderables, en conjunto tienen una abundancia de 27.77 árboles/ha, que representa el 5% del total.

En el caso de las especies secundarias con uso y las especies primarias, la abundancia conjunta de éstos dos grupos estaba concentrada en las clases inferiores a 40 cm de DAP con 23.40 árboles/ha, que representa casi el 85% de la abundancia total de estos dos grupos. La abundancia a partir del diámetro mínimo de corta (DMC), que fue fijado en 60 cm para las especies primarias maderables y 40 cm para las secundarias con uso era de 1.9 y 2.28 árboles/ha, respectivamente.

Las especies con mayor abundancia antes del aprovechamiento son zapotillo (*Pouteria* spp.) con 86.46 árb/ha, chechén blanco (*Sebastiania longicuspis*) 55.42 árb/ha, botán (*Sabal* spp.) 37.32 árb/ha, manax (*Pseudolmedia spuria*) 36.17 árb/ha, canisté (*Pouteria campechiana*) 32.92 árb/ha y jobo (*Spondias mombin*) con 30.84 árb/ha. Estas cinco especies en conjunto acumulan el 49.7 % del total de la abundancia.

El área basal total antes del aprovechamiento era de 26.41 m<sup>2</sup>/ha. La distribución es más uniforme respecto a la abundancia, pero aún bastante concentrada en las clases diamétricas inferiores como se observa en la **Figura 5**. De tal cuenta, el 76% (20.27 m<sup>2</sup>/ha) del área basal total, está concentrada en las clases inferiores a 50 cm. La clase de DAP entre 20 y 30 cm tenía la mayor cantidad de área basal con 5.95 m<sup>2</sup>/ha, que corresponde al 22.5 % del total del área basal.



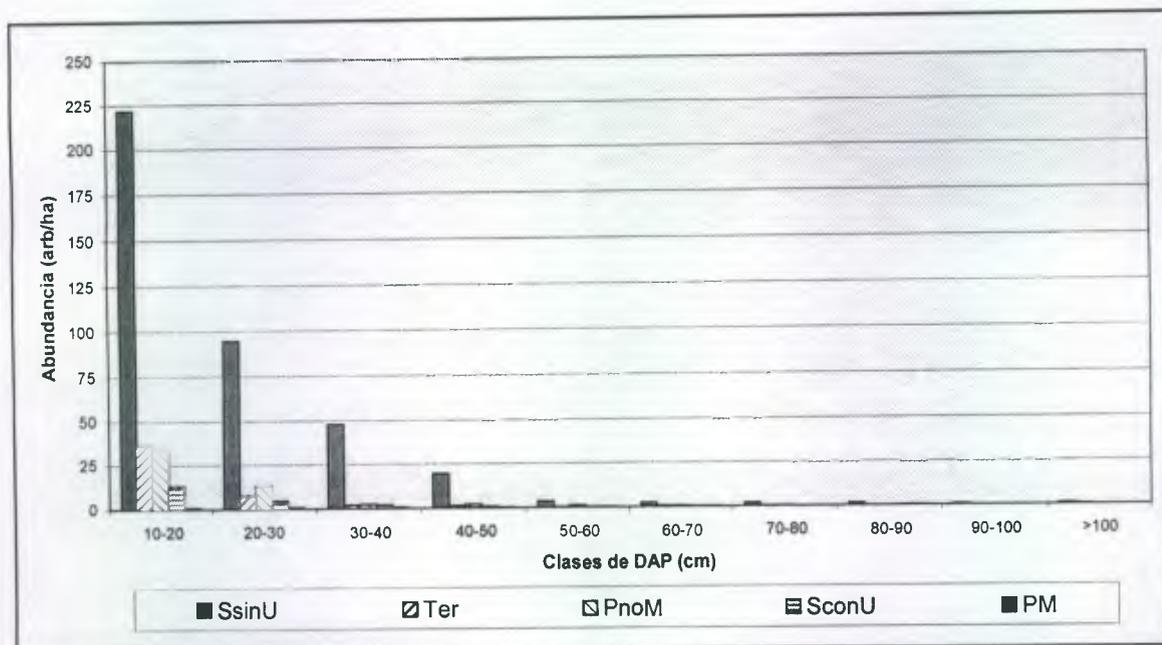
**Figura 5:** Distribución diamétrica del área basal (m<sup>2</sup>/ha)  $\geq$  10 cm DAP por grupos comerciales antes (año 1993/1994) del aprovechamiento forestal maderable.

Con relación a los grupos de interés para el manejo o grupos comerciales, las especies secundarias con uso ocupan un 75% del área basal total con 19.88 m<sup>2</sup>/ha. Le siguen en importancia las especies primarias no maderables con 2.31 m<sup>2</sup>/ha y las terciarias con 1.75 m<sup>2</sup>/ha. En conjunto las especies primarias maderables y las secundarias con uso tienen un área basal de 2.48 m<sup>2</sup>/ha, que corresponde al 9 % del total.

Las especies con mayor área basal son zapotillo (*Pouteria* spp.) con 3.037 m<sup>2</sup>/ha, chechén blanco (*Sebastiania longicuspis*) 2.34 m<sup>2</sup>/ha, ramón oreja de mico (*Brosimum costaricanum*) 2.207 m<sup>2</sup>/ha, jobo (*Spondias mombin*) con 1.679 m<sup>2</sup>/ha y amate (*Ficus involuta*) con 1.645 m<sup>2</sup>/ha. Estas cinco especies en conjunto tienen el 41% (10.91 m<sup>2</sup>/ha) del área basal total.

### 7.1.2 Estructura Post-aprovechamiento

La abundancia ( $\geq 10$  cm DAP) cuatro años después del aprovechamiento es de 516.77 árboles/ha. Tal y como se muestra en la **Figura 6**, en términos generales el bosque intervenido aún conserva la distribución típica de "j invertida", concentrándose el mayor número de individuos en las clases inferiores de DAP. El 92% (479.15 árb/ha) de la abundancia se ubica en las clases menor a 40 cm DAP. Entre ellas, los individuos entre 10 y 20 cm son los más abundantes con 304.7 árboles/ha, que representa casi el 59% de la población total.



**Figura 6:** Distribución diamétrica de la abundancia (árboles/ha)  $\geq 10$  cm DAP por grupos comerciales cuatro años después (año 1998) del aprovechamiento forestal maderable.

Las especies secundarias sin uso son las que tienen la mayor abundancia con 392.94 árboles/ha, que corresponde al 76% del total de individuos. Las especies primarias no maderables tienen una abundancia de 52.73 árboles/ha, 10% del total. Le siguen en abundancia las especies terciarias con 47.52 árb/ha, 9% del total. Las especies de interés comercial maderable actual, secundarias con uso y primarias maderables, en conjunto tienen una abundancia de 23.58 árboles/ha, que representa el 4.5% del total.

En el caso de las especies secundarias con uso y las especies primarias, el mayor número de individuos pertenece a las clases inferiores a 30 cm de DAP, con 19.02 árboles/ha, que representa el 80% del total de la abundancia específica a estos dos grupos. La abundancia a partir del diámetro mínimo de corta (DMC), es de 0.38 y 1.33 árboles/ha, respectivamente.

Las especies con mayor abundancia después del aprovechamiento son zapotillo (*Pouteria* spp.) con 82.27 árb/ha, chechén blanco (*Sebastiania longicuspis*) 43.6 árb/ha, botán (*Sabal* spp.) 35.04 árb/ha, manax (*Pseudolmedia spuria*) 33.51 árb/ha, canisté (*Pouteria campechiana*) 32.35 árb/ha y jobo (*Spondias mombin*) con 27.22 árb/ha. Estas cinco especies en conjunto acumulan el 49 % del total de la abundancia.

El área basal post aprovechamiento es 24.86 m<sup>2</sup>/ha. De ésta, el 77% (19.31 m<sup>2</sup>/ha) se concentra en las clases inferiores a 50 cm. Como se muestra en la Figura 7, la clase de DAP entre 20 y 30 cm tiene la mayor cantidad de área basal con 5.49 m<sup>2</sup>/ha, que corresponde al 22 % del total del área basal.

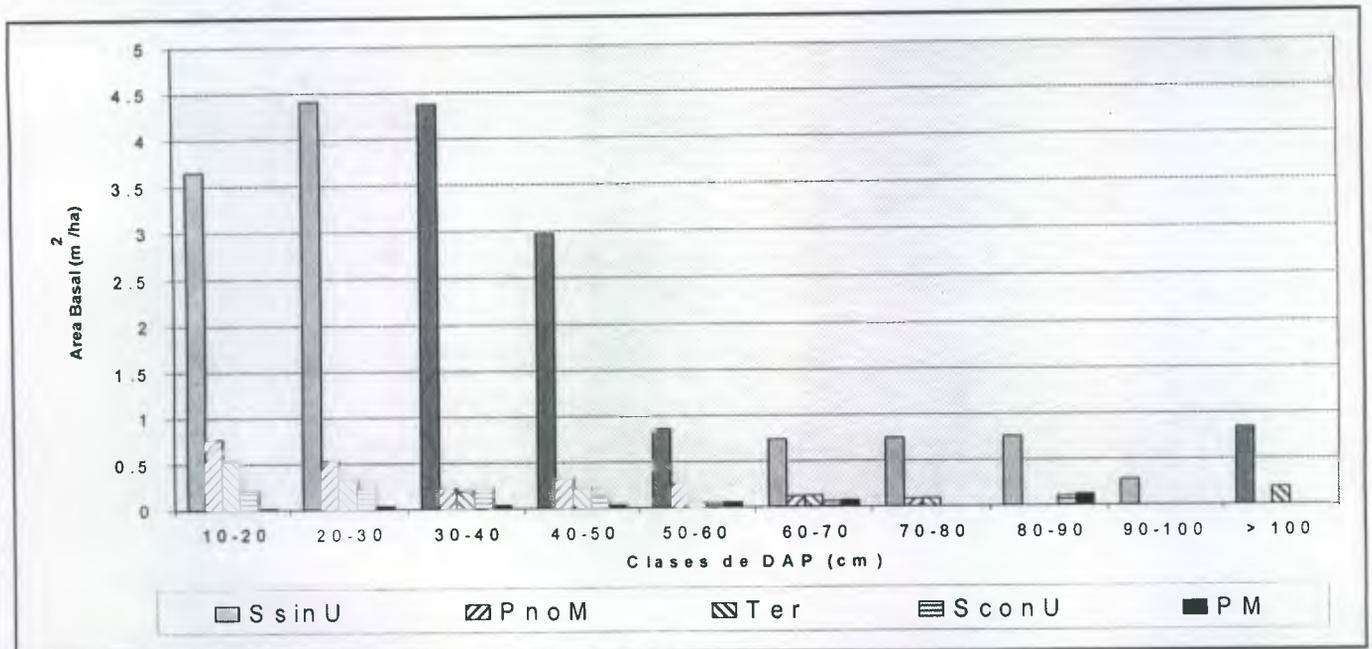


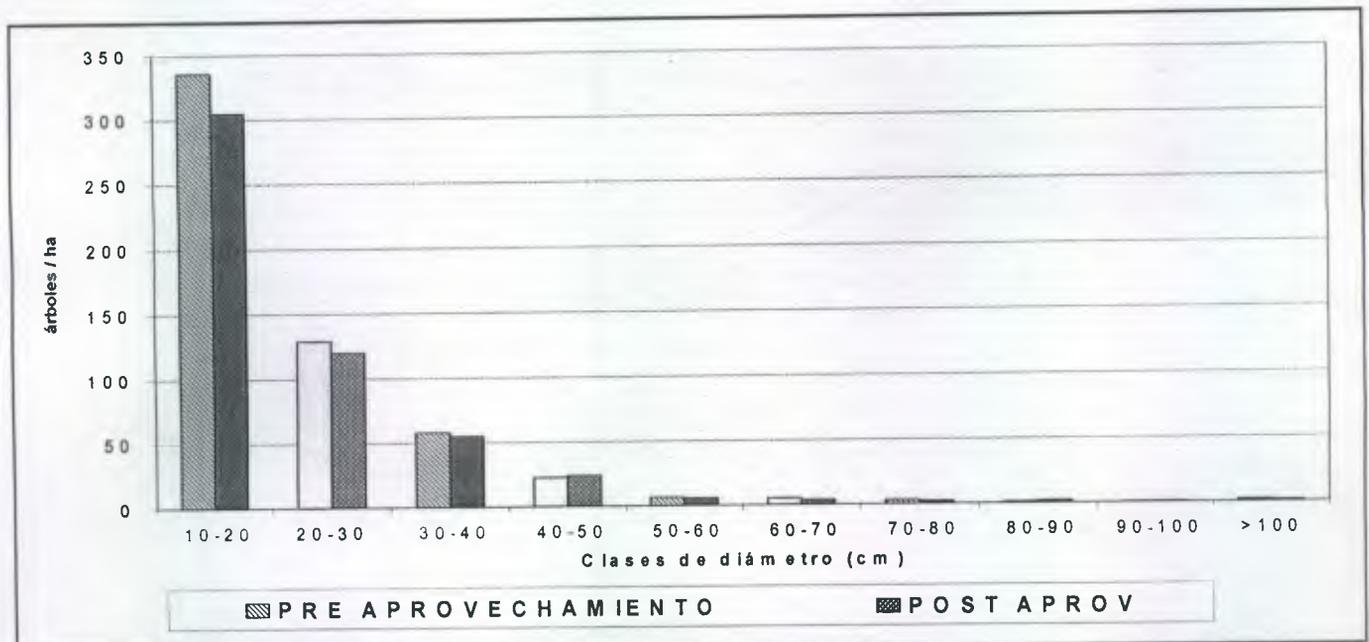
Figura 7: Distribución diamétrica del área basal (m<sup>2</sup>/ha)  $\geq$  10 cm DAP por grupos comerciales cuatro años después (año 1998) del aprovechamiento forestal maderable.

Las especies secundarias con uso ocupan el 78% del área basal total con 19.60 m<sup>2</sup>/ha. Le siguen en importancia las especies primarias no maderables con 2.28 m<sup>2</sup>/ha y las terciarias con 1.67 m<sup>2</sup>/ha. En conjunto las especies primarias maderables y las secundarias con uso tienen un área basal de 1.30 m<sup>2</sup>/ha, que corresponde al 5 % del total.

Las especies con mayor área basal son zapotillo (*Pouteria* spp. ) con 2.82 m<sup>2</sup>/ha, ramón oreja de mico (*Brosimum costanicum*) 2.29 m<sup>2</sup>/ha, chechén blanco (*Sebastiania longicuspis*) 1.92 m<sup>2</sup>/ha, amate (*Ficus involuta*) con 1.90 m<sup>2</sup>/ha y jobo (*Spondias mombin*) con 1.63 m<sup>2</sup>/ha. Estas cinco especies en conjunto tienen el 42.5 % (10.56 m<sup>2</sup>/ha) del área basal total.

### 7.1.3 Evaluación del efecto del aprovechamiento sobre la estructura

Como se observa en la **Figura 8**, después del aprovechamiento forestal la estructura del bosque de Yarxché aún conserva en términos generales su distribución original. Como se ha mostrado anteriormente, la abundancia antes del aprovechamiento era de 561.5 árboles/ha, cuatro años después es aún 8% menor con 516.77 árb/ha, lo que representa una pérdida absoluta de 44.73 individuos/ha.



**Figura 8:** Distribución diamétrica de la abundancia (árboles/ha)  $\geq 10$  cm DAP antes y después del aprovechamiento forestal, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

El mayor número de árboles muertos se encuentra en las clases diamétricas inferiores a 40 cm de DAP, con 43.01 árb/ha, que corresponde al 96 % del total árboles muertos o pérdidas. Los individuos entre 10 y 20 cm de DAP son los más afectados, con una disminución absoluta de 30.84 árboles/ha, 69% del total de pérdidas o árboles que murieron.

Únicamente tres clases diamétricas muestran incrementos en la abundancia después del aprovechamiento. La clase de 40 a 50 cm tiene un aumento de 1.32 árboles/ha; las clases de 80 a más de 100 cm tuvieron un aumento de 0.95 individuos/ha. Estas tres clases aumentaron en conjunto 2.27 árboles/ha. Los movimientos ocurridos se deben al incremento diamétrico de los árboles, lo cual permite que los individuos pasen a otra clase de diámetro, aunque la abundancia total del bosque no varíe.

Como se aprecia en el **Cuadro 4**, las especies secundarias sin uso son las más afectadas, con una pérdida de 32 árboles/ha, que corresponde al 71.5% del total de árboles muertos. La clase diamétrica de 10 a 20 cm fue la más afectada con 23.62 árboles/ha menos después del aprovechamiento, 73% del total para este grupo. Cuatro clases diamétricas tienen un aumento de 2.27 árb/ha. De estas, la clase entre 40 y 50 cm de DAP tiene 1.13 árboles/ha y las tres clases mayores a 80 cm tienen un aumento 1.14 individuos/ha.

Las especies terciarias tuvieron una pérdida de 5.51 árboles/ha. La clase diamétrica de 10 a 20 cm fue la más afectada, con 4.37 individuos/ha menos, 79% del total. Únicamente la clase diamétrica entre 70 y 80 cm mostró un incremento en la abundancia con 0.19 árboles/ha. Las clases de DAP de 40-50, 60-70 y mayor a 80 cm no tuvieron cambios.

**Cuadro 4:** Abundancia (árboles/ha) de los grupos comerciales antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

GRUPO COMERCIAL	ETAPA APROVECHAMIENTO		Diferencia árb/ha	Por ciento del total de pérdidas
	PRE	POST		
Secundarias sin Uso	424.94	392.94	32.0	71.54
Terciarias	53.03	47.52	5.51	12.32
Primarias No Maderables	55.76	52.73	3.03	6.77
Secundarias con Uso	23.78	21.11	2.67	5.97
Primarias Maderables	3.99	2.47	1.52	3.40
<b>TOTAL</b>	<b>561.5</b>	<b>516.77</b>	<b>44.73</b>	<b>100.00</b>

En las especies primarias no maderables la pérdida es de 3.03 árboles/ha. Igual que los grupos anteriores la clase de DAP ente 10 y 20 cm es la más afectada, con 1.71 individuos/ha, que corresponde al 56 % del total de pérdidas para este grupo. Las clases diamétricas de 40 a 60 cm tienen un incremento de 0.38 árb/ha, mientras que las clases superiores a 60 cm no mostraron ningún cambio en su abundancia.

En el caso de las especies secundarias con uso, la pérdida absoluta fue de 2.67 individuos/ha, 5.97% del total. En este grupo los individuos muertos se encuentran casi similarmente distribuidos entre las clases inferiores a 40 y mayores a 50 cm con 1.72 y 1.14 árboles/ha, respectivamente. Obviamente, ello se debe a que el diámetro mínimo de corta para estas especies fue de 40 cm. La clase de DAP entre 80 y 90 cm mostró un incremento de 0.19 individuos/ha.

Las especies primarias maderables fueron las menos afectadas, con una pérdida de 1.52 árboles/ha, que corresponde al 3.40 % del total de árboles muertos. En este caso, las clases diamétricas más afectadas fueron las superiores a 60 cm, que constituye el diámetro mínimo de corta para estas especies, con la totalidad de los árboles muertos en este grupo con 1.52 individuos/ha. De estas clases, los individuos entre 60 y 70 cm y los mayores a 100 cm fueron los más afectados con 0.76 y 0.57 árboles/ha muertos, respectivamente.

Con relación al área basal antes del aprovechamiento, esta era de 26.41 m<sup>2</sup>/ha; cuatro años después es aún 5.87% menor, con 24.86 m<sup>2</sup>/ha, que corresponde a una pérdida absoluta de 1.55 m<sup>2</sup>/ha. Debido al aprovechamiento comercial de árboles grandes, las especies primarias maderables y las secundarias con uso tienen la mayor reducción con 0.81 y 0.36 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente, que en conjunto corresponde a un 75% de la disminución total de área basal.

En términos generales la distribución del área basal se conserva después del aprovechamiento, como se observa en la **Figura 9** y el **Cuadro 5**. Debido a la influencia del diámetro mínimo de corta la disminución absoluta de área basal se distribuye proporcionalmente en las clases inferiores a 40 cm y las superiores a 50 cm, con 1.23 y 1.21 m<sup>2</sup>/ha perdidos, respectivamente. La disminución de área basal en los individuos menores al diámetro de corta se debe a daños, indirectos y directos, por tumba, construcción de pista de arrastre y habitación de caminos secundarios en el aprovechamiento forestal.

**Cuadro 5:** Área basal (m<sup>2</sup>/ha) de los grupos comerciales antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

GRUPO COMERCIAL	Pre Aprovechamiento		Post aprovechamiento		Diferencia m <sup>2</sup> /ha	Porcentaje del total de pérdidas
	m <sup>2</sup> /ha	Porcentaje	m <sup>2</sup> /ha	Porcentaje		
Primarias maderables	1.17	4.41	0.36	1.43	0.81	52.26
Secundarias con uso	1.31	4.96	0.95	3.81	0.36	23.48
Secundarias sin uso	19.88	75.26	19.60	78.84	0.28	17.87
Terciarias	1.75	6.61	1.67	6.73	0.07	4.77
Primarias no maderables	2.31	8.75	2.29	9.19	0.02	1.61
<b>TOTAL</b>	<b>26.41</b>	<b>100</b>	<b>24.86</b>	<b>100</b>	<b>1.55</b>	<b>100</b>

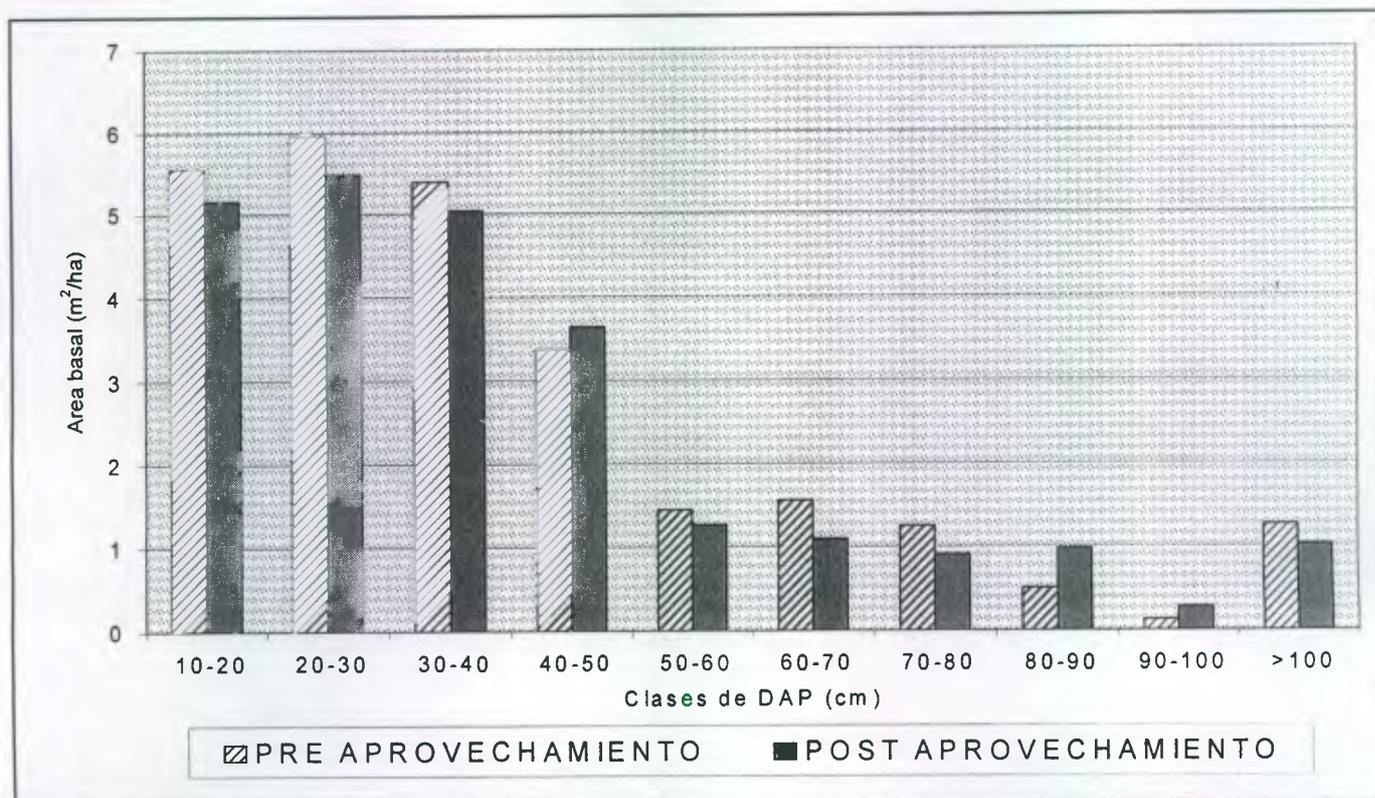


Figura 9: Distribución diamétrica del área basal ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )  $\geq 10$  cm DAP antes y después del aprovechamiento forestal.

El cuadro 6 resume los resultados de abundancia y área basal según las unidades de muestreo antes y después del aprovechamiento. Análisis de comparación de la prueba de  $t$  pareada indica que existe diferencia estadística significativa entre el número de individuos (abundancia) antes y después del aprovechamiento ( $t = 9.34$ ,  $gl = 20$ ,  $p < 0.001$ ). Los valores promedio de la abundancia (129.33 individuos) en la etapa de post aprovechamiento son mayores a los valores promedio de la abundancia pre aprovechamiento menos una vez la desviación estándar ( $140.52 - 14.99 = 125.53$ ), por lo que los cambios debidos al aprovechamiento se pueden considerar leves.

Resultados de la prueba de  $t$  para datos pareados indican que existen diferencias significativas entre el área basal absoluta ( $\text{m}^2$ ) antes y después del aprovechamiento forestal ( $t = 2.79$ ,  $gl = 20$ ,  $p = 0.006$ ). Igualmente que en el caso de la abundancia, los valores promedio del área basal ( $6.24 \text{ m}^2$ ) en la etapa de post aprovechamiento son mayores a los valores promedio del área basal antes del aprovechamiento menos una vez la desviación estándar ( $6.63 - 0.92 = 5.71$ ).

**Cuadro 6:** Abundancia absoluta (número de individuos) y Area basal absoluta(m<sup>2</sup>) por unidad de muestreo antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

No de parcela y Estadísticos	Número de individuos		Areas Basal (m <sup>2</sup> )	
	Pre	Post	Pre	Post
13	141	128	5.79	5.39
15	134	120	6.32	5.54
19	159	135	6.91	6.51
28	136	134	6.68	6.64
34	154	135	6.14	5.83
39	141	136	5.71	5.02
115	132	119	6.03	5.61
124	131	114	6.25	6.68
132	145	129	6.92	7.48
202	114	108	5.42	5.09
221	152	142	7.56	6.95
223	139	128	6.56	6.66
225	156	148	6.89	6.43
236	122	107	7.63	4.90
237	128	122	7.19	6.92
304	175	166	8.11	8.28
307	161	149	8.50	8.01
313	122	117	7.93	7.61
314	132	128	5.51	5.31
329	131	119	5.83	5.10
340	146	132	5.41	5.13
Media	140.52	129.33	6.63	6.24
Desviación estándar	14.99	14.28	0.92	1.05
CV%	10.66	11.04	13.92	16.85

## 7.2 Composición florística

### 7.2.1 Índice de valor de importancia

Antes del aprovechamiento, el bosque de Yarxché poseía una abundancia de 97 especies arbóreas ( $\geq 10$  cm DAP) pertenecientes al menos a 31 familias botánicas. Después del aprovechamiento se encontraron 92 especies ( $\geq 10$  cm DAP) de al menos 29 familias botánicas. Solamente diez especies suman más del 60% del índice de valor de importancia, como se puede observar en el Cuadro 7. Las especies más abundantes eran: zapotillo (*Pouteria durlandii*), chechén blanco (*Sebastiania longicuspis*) y ramón oreja de mico (*Brosimum costaricanum*).

En términos generales, la composición florística expresada en el índice de valor de importancia no mostró cambios significativos, lo cual fue comprobado con una prueba de ji-cuadrado ( $p = 1.00$ ) para el IVI% de todas especies antes y después del aprovechamiento.

Las especies que sufrieron los mayores cambios positivos en el IVI% fueron amate (*Ficus involuta*), ramón oreja de mico (*Brosimum costaricanum*) y yaxnic (*Vitex gaumeri*). Todos los cambios fueron inferiores al 1%. Las especies que tuvieron la mayor disminución en su IVI% fueron caoba (*Swietenia macrophylla*), con 1.51% menos; chechén blanco (*Sebastiania longicuspis*), con 1.29% y santa maría (*Calophyllum brasiliense*), con 0.37% menos después del aprovechamiento.

**Cuadro 7:** Índice de valor de importancia para las diez especies más importantes, antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

No	Nombre común	Especie	Familia	Grupo Com	IVI% PRE Y POST APROVECHAMIENTO		DIFE RENCIA
					PRE	POST	
1	Zapotillo	<i>Pouteria durlandii</i>	Sapotaceae	SsinU	13.42	13.61	0.19
2	Chechén blanco	<i>Sebastiania longicuspis</i>	Euphorbiaceae	SsinU	9.34	8.06	-1.29
3	Ramón oreja de mico	<i>B. costaricanum</i>	Moraceae	SsinU	6.28	6.88	0.59
4	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	SsinU	5.91	5.91	0.00
5	Canisté	<i>Pouteria campechiana</i>	Sapotaceae	SsinU	5.45	5.84	0.39
6	Manax	<i>Pseudolmedia spuria</i>	Moraceae	SsinU	5.35	5.40	0.05
7	Botán	<i>Sabal spp.</i>	Palmae	PnoM	5.17	5.25	0.08
8	Silión	<i>Pouteria amygdalina</i>	Sapotaceae	SsinU	4.51	4.94	0.42
9	Amate	<i>Ficus involuta</i>	Moraceae	SsinU	4.31	4.95	0.64
10	Chico zapote	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	PnoM	3.75	3.99	0.24
<b>Suma del IVI %</b>					<b>63.49</b>	<b>64.83</b>	

El índice de valor de importancia para las diez especies más importantes no mostró cambios significativos antes y después del aprovechamiento, lo que fue comprobado con una prueba de ji-cuadrado ( $X^2 = 0.195$ , gl= 9,  $p = 1.00$ ).

Como se muestra en el **Cuadro 8**, solamente cuatro familias botánicas, Sapotaceae, Moraceae, Euphorbiaceae y Anacardiaceae, acumulan más del 60% del IVI antes y después del aprovechamiento. Las familias que mostraron el mayor aumento en el IVI% después del aprovechamiento fueron: Sapotaceae con 1.12%, Moraceae 1.12% y Verbenaceae con 0.66%. Al contrario, las familias más afectadas fueron: Meliaceae, Euphorbiaceae y Clusiaceae, con 1.61%, 1.34% y 0.37% de IVI menos, respectivamente.

El índice de valor de importancia para las nueve familias botánicas más importantes e IVI acumulado de las otras 22 familias no mostró cambios significativos antes y después del aprovechamiento, lo que fue comprobado con una prueba de *ji*-cuadrado ( $X^2 = 0.265$ ,  $gl = 9$ ,  $p = 1.00$ ).

**Cuadro 8:** Índice de valor de importancia (IVI%) por familias botánicas más importantes (> 3% IVI) antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

PRE APROVECHAMIENTO				POST APROVECHAMIENTO			
No	Familia	IVI%	IVI% acumulado	No	Familia	IVI%	IVI% acumulado
1	Sapotaceae	28.25	28.25	1	Sapotaceae	29.37	29.37
2	Moraceae	16.68	44.92	2	Moraceae	17.79	47.16
3	Euphorbiaceae	9.54	54.47	3	Euphorbiaceae	8.20	55.36
4	Anacardiaceae	6.34	60.80	4	Anacardiaceae	6.40	61.76
5	Palmae	5.17	65.98	5	Palmae	5.25	67.02
6	Verbenaceae	4.34	70.32	6	Verbenaceae	5.00	72.02
7	Leguminosae	3.41	73.73	7	Leguminosae	3.40	75.42
8	Meliaceae	3.38	77.11	8	Sapindaceae	3.26	78.68
9	Apocynaceae	3.32	80.43	9	Apocynaceae	3.11	81.80
	otras 22 familias	19.57	100.00		Otras 20 familias	18.20	100.00
	Total	100.00			Total	100.00	

Con relación a los grupos de manejo o grupos comerciales, las especies secundarias sin uso son las que presentan los mayores valores de IVI, con 75% y 77% antes y después del aprovechamiento, respectivamente. El resto de los grupos tienen índices menores al 10% antes y después del aprovechamiento. Las especies secundarias sin uso y las primarias no maderables muestran incrementos en su índice de importancia ecológica con 1.97 y 0.36%, respectivamente. En el resto de los grupos este índice disminuyó, donde las especies primarias maderables fueron las más afectadas con un IVI de 1.60% menos después del aprovechamiento.

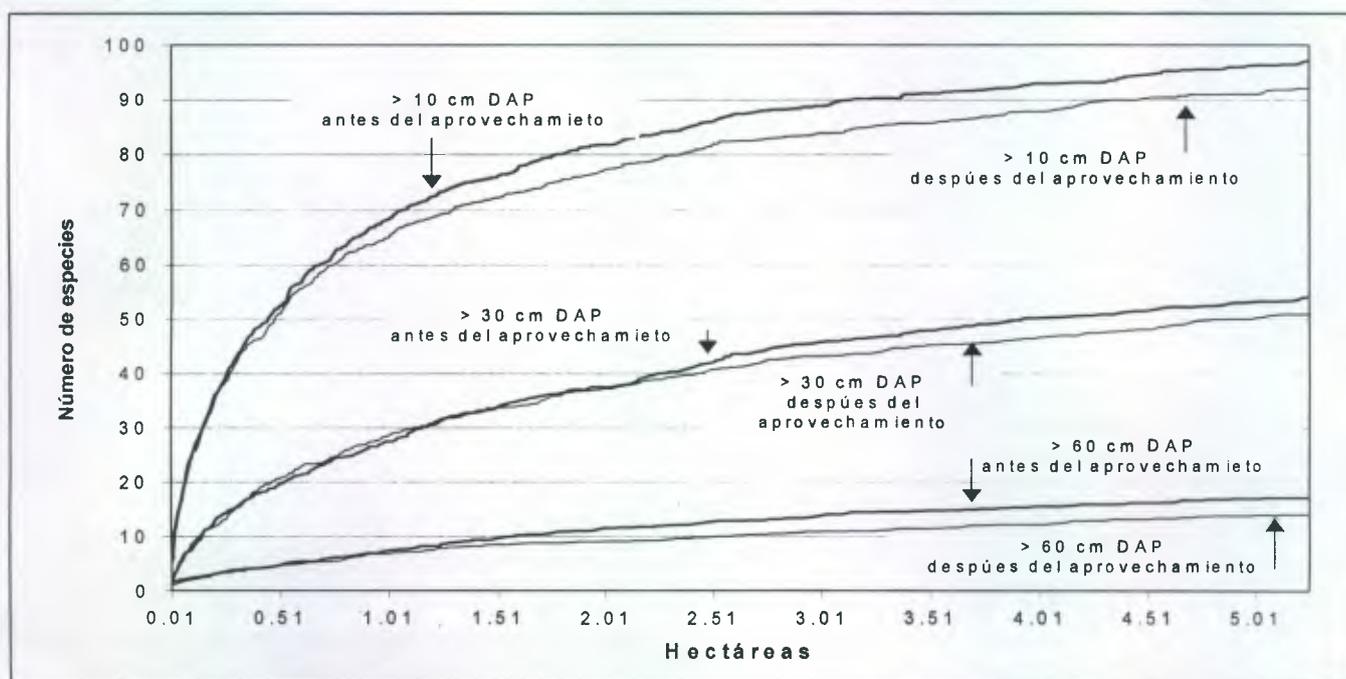
Como muestra el **Cuadro 9**, los cambios relativos a los grupos de manejo no son significativos, presentando similares valores de importancia antes y después del aprovechamiento, lo que fue comprobado con la prueba de *ji*-cuadrado ( $X^2 = 0.810$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0.937$ ).

**Cuadro 9:** Índice de valor de importancia (IVI%) por grupos de manejo antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

Etapa de aprovechamiento	Antes del aprovechamiento		Después del aprovechamiento		Diferencia del IVI%
	%IVI	%IVI ACUM	%IVI	%IVI ACUM	
Secundarias sin Uso	75.41	75.41	77.38	77.38	1.97
Primarias no Maderables	9.33	84.75	9.69	87.07	0.36
Terciarias	8.08	92.82	8.01	95.08	-0.07
Secundarias con Uso	4.61	97.44	3.96	99.04	-0.66
Primarias Maderables	2.56	100.00	0.96	100.00	-1.60
Total	100.00		100.00		

## 7.2.2 Riqueza florística

Como se observa en la **Figura 10**, al aumentar el diámetro de los árboles la riqueza florística disminuye. Estos resultados indican que en el bosque de Yarxché muy pocas especies alcanzan grandes dimensiones, ya que solamente el 55.7% del total de especies (54 especies, de un total de 97), tienen individuos con un diámetro superior a 30 cm. Para diámetros mayores a 60 cm, el número de especies se reduce a 17, lo cual corresponde al 17.5 % del total.



**Figura 10:** Curva área/especie para diámetros  $\geq 10$ ,  $\geq 30$  y  $\geq 60$  cm antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

Aparentemente, las especies con diámetros menores son las más afectadas por las actividades de manejo, ya que los cambios en la riqueza florística cuatro años después del aprovechamiento fueron mayores al considerar un diámetro mínimo de 10 cm, donde se observó una pérdida neta de 5 especies en el sitio de aprovechamiento (97 especies antes del aprovechamiento y 92 especies post aprovechamiento). Para un diámetro mínimo de 30 cm la riqueza florística se reduce de 54 a 51 especies. Considerando un límite diamétrico de 60 cm la riqueza florística disminuye de 17 a 14 especies después del aprovechamiento.

En una hectárea de bosque antes del aprovechamiento es posible encontrar 68.20 especies ( $\geq 10$  cm DAP), que corresponde al 70% del total de especies, mientras que en el bosque aprovechado se pueden localizar 64.9 especies, 71% del total.

### 7.2.3 Diversidad y similitud florística

Como se puede observar en el **Cuadro 10**, la diversidad florística, expresada con el índice de Simpson<sup>2</sup> es similar entre las mismas parcelas antes y después del aprovechamiento. Se puede asumir que los cambios en la diversidad florística antes y después del aprovechamiento no son significativos ya que se comprobó mediante la prueba *t* pareada ( $t=0.295$ ,  $gl=20$ ,  $p = 0.385$ ). Los promedios generales para el índice de diversidad para el conjunto de 21 parcelas permanentes antes y después del aprovechamiento son bastante similares con 0.073 y 0.071, respectivamente.

El índice de diversidad varió aparentemente en mayor proporción en las muestras donde se aplicó tratamiento de liberación de copas, después del aprovechamiento el índice de Simpson varió de 0.064 a 0.057, es decir, que la diversidad florística aumentó levemente.

En las parcelas donde solamente se practicó aprovechamiento, la diversidad tuvo una leve disminución, con una variación del índice de Simpson de 0.071 antes de la intervención a 0.073 post intervención. Un caso similar ocurrió en los sitios sin ningún tipo de intervención, con una leve disminución de la diversidad de 0.070 a 0.071.

En las áreas donde se realizó aprovechamiento forestal y tratamiento de liberación la diversidad tuvo un ligero aumento de 0.086 a 0.085, antes y después de la intervención, respectivamente.

<sup>2</sup> El índice de Simpson ( $\alpha$ ) varía entre 0 y 1, la diversidad de una población será mayor si tiene un menor valor de  $\alpha$ .

Con relación al coeficiente de similitud de Czekanowski,<sup>3</sup> al calcularlo entre la misma parcela antes y después del aprovechamiento, no se observaron cambios sustanciales, ya que el promedio del coeficiente para el conjunto de 21 parcelas fue de 0.92, como se muestra en el Cuadro 10. Es decir, que el bosque es bastante similar en su composición de especies antes y después de las actividades practicadas. Se puede tomar como referencia los sitios sin ninguna intervención (sin tratamiento), donde la similitud florística es de 0.95. En este caso, la variación ocurrida se debe a la dinámica propia del bosque, donde murieron árboles por causas naturales e ingresaron otros por regeneración natural.

**Cuadro 10:** Índice de diversidad de Simpson ( $\alpha$ ) y coeficiente de similitud de Czekanowski por tratamiento antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente.

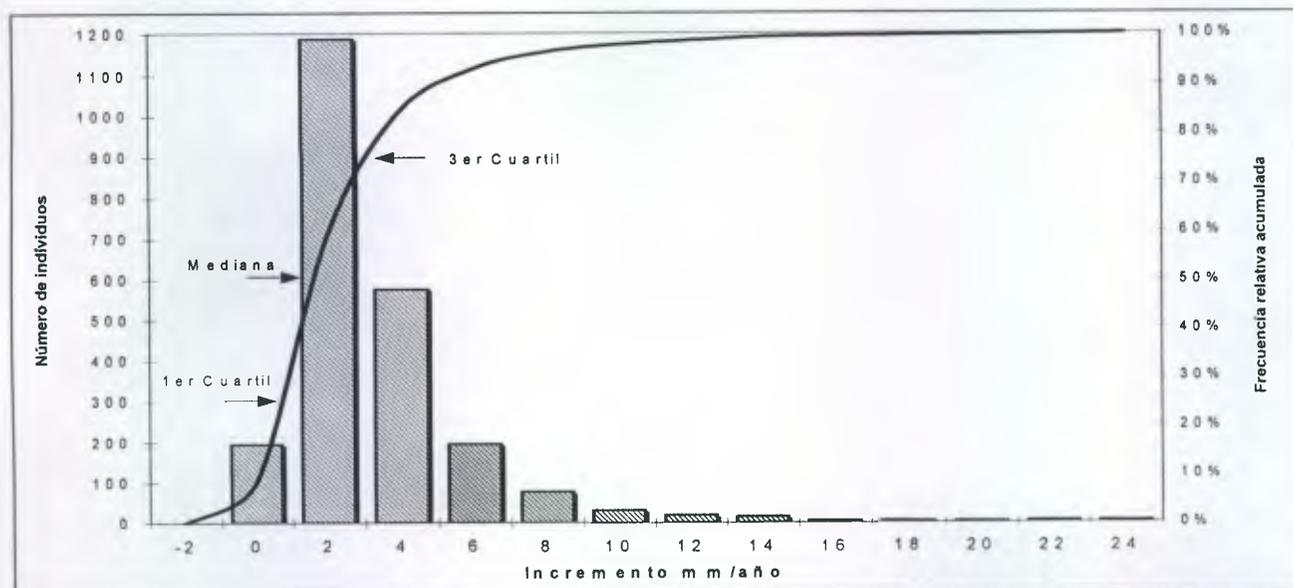
Tratamiento	Número de parcela	Etapa de aprovechamiento		Coeficiente Czekanowski
		$\alpha$ antes	$\alpha$ post	
Solo liberación	313	0.069	0.061	0.930
Solo liberación	340	0.058	0.053	0.910
<b>Promedio por tratamiento</b>		<b>0.064</b>	<b>0.057</b>	<b>0.920</b>
Solo aprovechamiento	124	0.062	0.061	0.900
Solo aprovechamiento	202	0.064	0.069	0.930
Solo aprovechamiento	221	0.042	0.047	0.910
Solo aprovechamiento	225	0.055	0.056	0.940
Solo aprovechamiento	304	0.076	0.076	0.960
Solo aprovechamiento	307	0.100	0.100	0.950
Solo aprovechamiento	329	0.098	0.100	0.950
<b>Promedio por tratamiento</b>		<b>0.071</b>	<b>0.073</b>	<b>0.934</b>
Aprov. + Liberación	13	0.056	0.062	0.920
Aprov. + Liberación	15	0.121	0.119	0.920
Aprov. + Liberación	19	0.132	0.116	0.880
Aprov. + Liberación	34	0.056	0.055	0.910
Aprov. + Liberación	39	0.045	0.044	0.940
Aprov. + Liberación	115	0.118	0.109	0.920
Aprov. + Liberación	132	0.070	0.076	0.910
Aprov. + Liberación	236	0.083	0.084	0.900
Aprov. + Liberación	237	0.076	0.087	0.900
Aprov. + Liberación	314	0.100	0.096	0.950
<b>Promedio por tratamiento</b>		<b>0.086</b>	<b>0.085</b>	<b>0.915</b>
Sin tratamiento	28	0.085	0.087	0.940
Sin tratamiento	223	0.055	0.055	0.960
<b>Promedio por tratamiento</b>		<b>0.070</b>	<b>0.071</b>	<b>0.950</b>
<b>Promedio Total</b>		<b>0.073</b>	<b>0.071</b>	<b>0.930</b>

<sup>3</sup> El coeficiente de similitud de Czekanowski oscila entre 0 y 1, donde 1 indica máxima similitud florística entre parcelas y 0 parcelas completamente disímiles.

### 7.3 Incremento diamétrico y basimétrico de toda la población

Para el análisis del incremento diamétrico se realizó una depuración de la información excluyendo la palma botán (*Sabal spp.*), los árboles muertos y los reclutas. Asimismo, para reducir la variabilidad de los resultados no se consideraron los árboles con un incremento fueran del rango de -2 a 25 mm por año. En términos totales se analizó una muestra de 2,314 individuos de 87 especies de árboles.

La distribución del incremento diamétrico anual presenta una distribución no normal, lo cual se comprobó a través de la prueba estadística de normalidad KSL ( $p < 0.0010$ ). Asimismo, en la **Figura 11** se aprecia que la distribución del incremento diamétrico es asimétrica con sesgo positivo o cola hacia la derecha, lo que implica que las tasas altas de crecimiento son muy poco frecuentes. Asimismo, se observó una fuerte variabilidad de los resultados con coeficientes de variación superiores al 100%. Louman *et al.*, 2001 (20) y Finegan, 1997 (13), coinciden que cuando ocurre este tipo de distribución sesgada el incremento promedio puede ser fuertemente influenciada por las tasas de crecimiento extremas o superiores y no representar adecuadamente el comportamiento del grupo analizado. Para evitar este sesgo se consideraron en todos los análisis de incremento los valores medianos, aunque también se presenta el incremento promedio como un valor de referencia.



**Figura 11:** Distribución del incremento diamétrico anual y frecuencia relativa acumulada por clases de incremento en mm/año de los árboles con DAP  $\geq 10$  cm. Período 1993/94 a 1998. Distribución en barras y frecuencia relativa con línea.

Como se observa en el **Cuadro 11**, el incremento mediano de toda la población arbórea mayor a 10 cm de DAP mostró una alta variabilidad con un coeficiente de variación de 116.43%, lo cual, según Finegan, 1997 (13) es típico de los bosques tropicales.

El incremento mediano por individuo es de 1.57 mm/año. El 25% del total de individuos tiene incrementos iguales o inferiores a 0.66 mm/año (1er. Cuartil). Como indica Louman *et al.*, 2001 (20), el tercer cuartil puede ser un buen indicador del potencial o máximo incremento confiable. En el caso de Yarxché, este fue de 3.06 mm/año. El incremento máximo registrado fue de 23.38 mm/año y el mínimo de -1.97 mm/año.

**Cuadro 11:** Incremento diamétrico anual en milímetros/año, área basal m<sup>2</sup>/año e incremento basimétrico relativo según el área basal inicial (IMA%) por individuo considerando toda la población con DAP  $\geq$  10 cm. Período 1993/94 a 1998.

Estadísticos	mm/año	m <sup>2</sup> /año	IMA(%)
Limite inferior (95%)	2.1871	0.000806	2.24
Media	2.2961	0.000876	2.34
Limite superior (95%)	2.4051	0.000946	2.44
Error Estándar	0.0556	0.000036	0.0506
Coeficiente de variación (%)	116.43	196.48	104.18
Mínimo	-1.9682	-0.000871	-3.43
1er. Cuartil	0.6561	0.000179	0.69
<b>Mediana</b>	<b>1.5716</b>	<b>0.000447</b>	<b>1.73</b>
3er. Cuartil	3.0617	0.000988	3.32
Máximo	23.377	0.037400	19.09

Con relación al incremento basimétrico, éste también mostró una alta variabilidad, con un coeficiente de variación de 196.48%. El incremento mediano por individuo es de 0.000447 m<sup>2</sup>/año, con primer y tercer cuartil de 0.00018 y 0.00099 mm/año, respectivamente. La tasa mediana de incremento respecto al área basal inicial fue de 1.73% por año. El 25% de todos los individuos analizados tiene una tasa de incremento anual en área basal igual o menor al 0.69% (1er. Cuartil). La máxima tasa de incremento alcanzada incluyendo al 75% de toda la población analizada fue de 3.32% (3er. Cuartil) de área basal. La tasa máxima alcanzada a nivel individual fue de 19.09% , contrariamente la tasa mínima fue inferior a cero con -3.43%.

### 7.3.1 Análisis del incremento por grupos de especies

#### a) Agrupamiento de las especies según su velocidad de Incremento

En total se incluyeron en el análisis de agrupamiento 2,231 individuos de 51 especies que tenían una muestra superior a 5 árboles, a excepción de manchiche que por su condición comercial se incluyó en el análisis con una muestra de 4 individuos.

Tal como muestra el Cuadro 12, se definieron cuatro grupos de especies que tienen velocidades de incremento similares.

**Cuadro 12:** Resumen de la tasa de incremento en mm/año según grupos. Período 1993/94 a 1998.

Grupos por velocidad de incremento	Número de especies	Suma del # de individuos	Promedio del incremento (mm/año)			
			Media	1er Cuartil	Mediana	3er Cuartil
Rápido	3	30	6.78	1.85	6.38	12.02
Moderado	4	30	4.40	1.15	4.23	7.57
Lento	9	508	3.47	1.56	3.02	4.64
Muy lento	35	1663	1.68	0.53	1.27	2.47

El análisis de varianza realizado permitió comprobar la agrupación de las especies en los cuatro grupos diferenciados, tal como se muestra en el Cuadro 13, donde se observa que existen diferencias significativas entre los diferentes grupos para las tres variables analizadas.

**Cuadro 13:** Resumen del análisis de varianza para los cuatro grupos según las tres variables analizadas, primer cuartil, mediana y tercer cuartil.

Variable	Grados de libertad	Valor de F	Probabilidad > F
Primer Cuartil	3	11.59	< 0.0001
Mediana	3	69.09	< 0.0001
Tercer Cuartil	3	140.71	< 0.0001

Para comprobar la definición de los cuatro grupos se realizó una comparación de medias, presentada en el Cuadro 14, entre los cuatro grupos definidos y según las tres variables analizadas, primer cuartil, mediana y tercer cuartil. A excepción del primer cuartil, todos los promedios del incremento anual (mm/año) para la mediana y el tercer cuartil son estadísticamente diferentes para todos los grupos de velocidad de incremento.

**Cuadro 14:** Resultados de la prueba de Tukey-Kramer para la comparación de medias en mm/año, entre grupos para las tres variables analizadas, primer cuartil, mediana y tercer cuartil.

1er cuartil	Abs(dif) - MDS		
	Muy lento	Moderado	Lento
Rápido	0.39 *	-0.47 ns	-0.73 ns
Lento	0.46 *	-0.51 ns	
Moderado	-0.19 ns		

Mediana	Abs(dif) - MDS		
	Muy lento	Lento	Moderado
Rápido	3.97 *	2.10 *	0.71 *
Moderado	1.96 *	0.07 *	
Lento	1.01 *		

3er cuartil	Abs(dif) - MDS		
	Muy lento	Lento	Moderado
Rápido	8.14 *	5.81 *	2.66 *
Moderado	3.86 *	1.51 *	
Lento	1.30 *		

Abs(dif) - MDS: Diferencia absoluta entre medias (mm/año) menos la Mínima Diferencia Significativa (MDS)  
 Valores positivos indican diferencias significativas entre medias.  
 Prueba de Tukey-Kramer HSD  $q^*=2.66339$

Los análisis realizados confirman la agrupación de las especies por grupos de velocidad de incremento, rápido, moderado, lento y muy lento, tal como se muestra en el **Cuadro 12**. Los incrementos medianos promedio para cada grupo, como se observa en el **Cuadro 15**, son de 6.38 mm/año para el grupo de crecimiento rápido, 4.23 mm/año para el grupo de crecimiento moderado, 3.02 mm/año para las especies de crecimiento lento y 1.27 mm/año para el grupo de especies de crecimiento muy lento. Con relación al incremento anual del tercer cuartil, las especies de crecimiento rápido muestran un promedio de 12.02 mm/año, destacando el manchiche con un incremento en el tercer cuartil de 14.22 mm/año, el máximo para este grupo. El grupo de crecimiento moderado tiene un promedio de 7.57 mm/año, caoba sobresale en este grupo con un incremento de 9.13 mm/año. En el grupo de crecimiento lento, el máximo incremento registrado para el tercer cuartil lo tiene el amate con 5.87 mm/año, el promedio para todas las especies de este grupo es de 4.64 mm/año. Para las especies de crecimiento muy lento el promedio es de 2.47 mm/año, el máximo observado para este grupo es de 3.98 mm/año en el caso de Chacaj Colorado.

**Cuadro 15:** Estadísticas del incremento diamétrico (mm/año) por especies (con una muestra mayor de 5 individuos) según grupos por velocidad de incremento. Período 1993/94 a 1998.

No	Nombre común	# de individuos	Incremento mm/año				Velocidad de incremento
			Media	1er Cuartil	Mediana	3er Cuartil	
1	Manchiche	4	8.38	2.71	8.20	14.22	Rápido
2	Luln hembra	18	6.36	1.75	7.07	10.31	Rápido
3	Amapola	8	5.60	1.08	3.88	11.54	Rápido
<b>Promedios/suma</b>		<b>30</b>	<b>6.78</b>	<b>1.85</b>	<b>6.38</b>	<b>12.02</b>	
4	Mano de león	11	5.13	2.19	5.25	7.47	Moderado
5	Caoba	6	4.86	1.66	4.44	9.13	Moderado
6	Tzalam	7	3.62	0.39	3.73	6.29	Moderado
7	Santa maría	6	4.00	0.35	3.50	7.38	Moderado
<b>Promedios/suma</b>		<b>30</b>	<b>4.40</b>	<b>1.15</b>	<b>4.23</b>	<b>7.57</b>	
8	Naranjillo	32	4.66	3.63	4.52	5.50	Lento
9	Pimienta	12	3.29	1.17	3.93	4.86	Lento
10	Chechén blanco	210	3.92	1.97	3.34	5.11	Lento
11	Cedro	6	2.84	2.01	2.92	3.63	Lento
12	Amate	50	4.48	0.55	2.59	5.87	Lento
13	Silión	115	2.76	1.18	2.55	3.72	Lento
14	Pasaque hembra	13	2.48	1.57	2.55	3.28	Lento
15	Yaxnic	50	3.93	0.85	2.41	5.30	Lento
16	Sacuché	20	2.85	1.11	2.38	4.52	Lento
<b>Promedios/suma</b>		<b>508</b>	<b>3.47</b>	<b>1.56</b>	<b>3.02</b>	<b>4.64</b>	
17	Yaya sufricay	22	2.11	1.49	2.16	2.84	Muy Lento
18	Copal	31	2.42	0.66	1.97	3.34	Muy Lento
19	Malerio blanco	7	2.37	0.66	1.96	3.50	Muy Lento
20	Aceituno	22	2.77	0.98	1.87	2.85	Muy Lento
21	Yaya	6	1.72	-0.33	1.87	3.64	Muy Lento
22	Cojón de caballo	23	1.85	0.79	1.77	2.75	Muy Lento
23	Chilonché	12	1.69	0.83	1.67	2.55	Muy Lento
24	Chechén negro	6	2.40	1.13	1.67	3.59	Muy Lento
25	Manax	165	1.76	0.79	1.57	2.55	Muy Lento
26	Chacaj colorado	36	2.57	0.98	1.57	3.98	Muy Lento
27	Chonté	17	2.38	1.09	1.57	2.84	Muy Lento
28	Sacalanté	11	2.10	0.22	1.57	2.55	Muy Lento
29	Sosní	10	1.99	1.08	1.55	3.34	Muy Lento
30	Palo de gusano	10	1.54	0.49	1.42	2.26	Muy Lento
31	Zapotillo	400	1.74	0.79	1.38	2.36	Muy Lento
32	Malerio colorado	69	1.78	0.59	1.38	2.49	Muy Lento
33	Ectik	18	1.48	0.59	1.38	2.36	Muy Lento
34	Canisté	159	1.86	0.44	1.31	2.84	Muy Lento
35	Chico zapote	77	1.68	0.59	1.31	2.55	Muy Lento
36	Ramón colorado	9	1.34	0.79	1.31	1.88	Muy Lento
37	Tzol	70	1.39	0.39	1.14	2.01	Muy Lento
38	Jobo	141	1.97	0.39	1.09	2.59	Muy Lento
39	Aceituno peludo	8	0.98	0.40	1.08	1.69	Muy Lento
40	Chile malache	14	1.01	0.35	1.03	1.62	Muy Lento
41	Tempisque	21	1.23	0.22	0.87	1.77	Muy Lento
42	Chununté	7	1.34	0.22	0.87	1.97	Muy Lento
43	Anona de montaña	14	0.96	0.43	0.83	1.52	Muy Lento
44	Ramón oreja de mico	107	1.93	0.22	0.79	2.41	Muy Lento
45	Subín colorado	47	1.30	0.22	0.79	1.97	Muy Lento
46	Jabín	8	1.23	0.20	0.79	2.06	Muy Lento
47	Son	53	1.28	0.20	0.66	1.86	Muy Lento
48	Chintoc blanco	27	1.45	0.39	0.66	2.19	Muy Lento
49	Jobillo	7	1.61	0.22	0.66	3.50	Muy Lento
50	Gesmo	12	0.75	0.00	0.51	0.75	Muy Lento
51	Cedrillo	17	0.93	0.00	0.44	1.44	Muy Lento
<b>Promedios/suma</b>		<b>1663</b>	<b>1.68</b>	<b>0.53</b>	<b>1.27</b>	<b>2.47</b>	

En el caso del incremento promedio para el primer cuartil, el grupo de crecimiento muy lento no mostró diferencias significativas con el grupo de crecimiento moderado, pero sí con los grupos de crecimiento lento y rápido. Estos resultados nos sugieren que las variables que más influyen en el agrupamiento de especies según su velocidad de incremento son la mediana y el tercer cuartil.

#### b) Incremento según grupos comerciales

El análisis del incremento por grupos comerciales se realizó de acuerdo con el plan de manejo forestal actualizado de la unidad de manejo San Miguel (6), ya que el mismo considera un reagrupamiento más reciente de las especies según el estado actual del mercado de productos maderables de la región. En el apéndice se presenta el listado de especies arbóreas según los grupos comerciales registrados en las parcelas permanentes de Yarxché, San Miguel, Petén.

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para el análisis de varianza mostraron que existe diferencia significativa entre las medias de los grupos comerciales ( $X^2=33.16$ ,  $gl=4$ ,  $p < 0.0001$ ). Para determinar las diferencias específicas se aplicó una comparación entre los grupos comerciales por medio de la prueba de comparación de medias por rangos, cuyos resultados se muestra en el Cuadro 16. Se observa que los incrementos del grupo potencialmente comercial (POTCOM) muestran diferencias significativas con todos los grupos a excepción del grupo de especies maderables de alto valor comercial AAACOM. El resto de los grupos comerciales no mostró diferencias significativas entre ellos.

**Cuadro 16:** Resultados de la comparación de medias por rangos de incremento (mm/año) entre grupos comerciales.

Grupo comercial	AAACOM	POTCOM	SNVAL	ACTCOM
POTCOM	0.89			
SNVAL	2.53	5.04*		
ACTCOM	2.6	3.80*	0.61	
AAANOM	2.64	3.93*	0.74	0.08

Valor crítico de Z = 2.81, nivel de significancia 0.05, (\*) indica diferencias significativas

Como se observa en el Cuadro 17, el grupo comercial con mayores incrementos es el de especies de alto valor comercial (AAACOM) caoba y cedro, con un incremento mediano de 3.02 mm/año, mostrando un incremento de hasta 5.57 mm/año en el tercer cuartil y un máximo de 9.43 mm/año. Los incrementos menores registrados fueron 2.22 y -0.59 mm/año en el primer cuartil y el mínimo, respectivamente.

Las especies potencialmente comerciales (POTCOM) tienen un incremento mediano de 2.62 mm/año. A este grupo pertenecen las especies amapola, amate, chechén negro, mano de león y yaxnic. Los incrementos mayores fueron 5.60 y 22.79 mm/año, en el tercer cuartil y el máximo, respectivamente. Los incrementos menores observados fueron 0.98 y -1.75 mm/año en el primer cuartil y el mínimo, respectivamente.

**Cuadro 17:** Estadísticas del incremento diamétrico (mm/año) por grupos comerciales. Período 1993/94 a 1998.

Grupo comercial	Especies	# arb	Media	CV%	Mínimo	1er cuartil	Mediana	3er cuartil	Máximo
AAACOM	2	12	3.85	76.90	-0.59	2.22	3.02	5.57	9.43
AAANOM	2	89	1.90	92.76	-0.39	0.66	1.53	2.85	8.25
ACTCOM	4	86	2.23	118.93	-0.44	0.55	1.38	3.08	15.53
POTCOM	5	125	4.29	111.58	-1.75	0.98	2.62	5.60	22.79
SNVAL	75	2002	2.18	112.92	-1.97	0.66	1.57	2.95	23.38

Referencias: AAACOM especies maderables comerciales de alto valor; AAANOM Especies comerciales donde el producto es no maderable; ACTCOM especies maderables de menor valor que las AAACOM; POTCOM especies maderables consideradas potencialmente comerciales. y SNVAL especies maderables sin valor comercial

Las especies comerciales de menor valor (ACTCOM) tienen un incremento mediano de 2.62 mm/año. Integran este grupo las especies jobillo, malerio colorado, manchiche y santa maría. Los mayores incrementos fueron 3.08 y 15.53 mm/año para el tercer cuartil y el máximo, respectivamente. Sin embargo, los incrementos menores fueron 0.55 y -0.44 mm/año en el primer cuartil y el mínimo, respectivamente.

Para las especies AAANOM, chico zapote y pimienta, el incremento mediano es de 1.53 mm/año, alcanzando incrementos en el tercer cuartil y el máximo de 2.85 y 8.25 mm/año, respectivamente. Los incrementos en el primer cuartil y el mínimo fueron 0.66 y -0.39 mm/año, respectivamente.

Las 75 especies sin valor maderable comercial actual (SVAL), tienen un incremento mediano anual de 1.57 mm, con un incremento de 2.95 mm/año en el tercer cuartil y un máximo de 23.38 mm/año. En contraste, el incremento es de 0.66 mm/año en el primer cuartil y un mínimo de -1.97 mm/año.

### c) Incremento según gremios ecológicos

Los gremios ecológicos incluidos en el análisis fueron las heliófitas durables y las esciófitas parciales. Adicionalmente, se incluyen las especies con gremio ecológico desconocido para conocer su comportamiento con relación a estos dos gremios.

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para el análisis de varianza mostraron que existe diferencia significativa del incremento diamétrico entre los gremios ecológicos ( $X^2=18.99$ ,  $gl=2$ ,  $p < 0.0001$ ). Tal como se muestra en el **Cuadro 18**, la comparación de medias por rangos ( $Z=2.39$ , nivel de significancia

=0.05) reveló que existen diferencias significativas entre el incremento del gremio de las especies heliófitas durables (HD) con las esciófitas parciales (EP).

Como se presenta en el **Cuadro 18**, es notorio que las especies heliófitas tienen mayores incrementos que las esciófitas. El incremento mediano de las heliófitas es de 1.96 mm/año, mientras que las esciófitas alcanzan un incremento mediano anual de 1.53 mm. Dentro de las especies heliófitas durables sobresalen Chechén blanco (*Sebastiania longicuspis*), caoba (*Swietenia macrophylla*), chacaj colorado (*Bursera simaruba*), amapola (*Pseudobombax ellipticum*), cedro (*Cedrela odorata*) y ceiba (*ceiba pentandra*). En el gremio de las especies esciófitas se encuentran zapotillo (*Pouteria durlandii*), ramón oreja de mico (*Brosimum costaricanum*), chicozapote (*Manilkara zapota*), amate (*Ficus involuta*), malerio colorado (*Aspidosperma megalocarpon*), santa maría (*Calophyllum brasiliense*), pimienta (*Pimenta dioica*), manchiche (*Lonchocarpus castilloi*) y ramón Blanco (*Brosimum alicastrum*).

**Cuadro 18:** Estadísticas del incremento (mm/año) por gremios ecológicos y resultados de la comparación de medias por rangos. Período 1993/94 a 1998.

Gremio ecológico	Especies	#arb	Media	CV%	Mínimo	1er cuartil	Mediana	3er cuartil	Máximo	Comp medias
Heliófitas Durable (HD)	18	661	2.78	114.31	-1.97	0.66	1.96	3.93	22.98	a
No conocido (NC)	51	409	2.23	110.19	-1.97	0.66	1.57	3.06	20.63	ab
Esciófitas Parcial (EP)	19	1244	2.06	116.58	-1.97	0.66	1.53	2.75	23.38	b

Comparación de media por rangos: grupos con la misma letra no difieren entre sí.

Aunque los tres grupos analizados alcanzan incrementos máximos superiores a 20 mm/año, los heliófitas tienen el mayor incremento en el tercer cuartil (3.93 mm/año), que como se mencionó anteriormente indica el potencial o máximo incremento confiable. Los incrementos en el primer cuartil y los mínimos son similares en los dos gremios, inclusive con el de especies con gremio desconocido.

### 7.3.2 Incremento por clases de diámetro

Como se puede observar en el **Cuadro 19**, que muestra el incremento diamétrico (mm/año) de toda la población arbórea de acuerdo con siete clases de diámetro (cm) inicial, sugiere que el incremento diamétrico es mayor según aumenta la clase de diámetro. Es decir, individuos más grandes crecen más rápido en diámetro. Aunque esto se comprobó con la prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de varianza, con el que se determinó que existen diferencias significativas ( $X^2=23.93$ ,  $gl=6$ ,  $p < 0.0005$ ) del incremento diamétrico entre las clases de diámetro analizadas, los resultados de la comparación de medias por rangos que se muestra en el **Cuadro 20**, no son contundentes, ya que la única diferencia significativa observada ocurre entre la clase de diámetro de 30 cm con la clase de 10 cm.

**Cuadro 19:** Estadísticas del incremento diamétrico (mm/año) de toda la población arbórea por clases de diámetro inicial (cm). Período 1993/94 a 1998.

Clase DAP cm	# arb	Media	CV%	Mínimo	1er cuartil	Mediana	3er cuartil	Máximo
10-19.9	1393	2.05	108.32	-1.97	0.59	1.53	2.75	23.38
20-29.9	536	2.37	120.10	-1.97	0.66	1.75	3.14	22.98
30-39.9	250	2.72	102.98	-1.31	0.79	1.96	3.58	15.53
40-49.9	95	2.96	106.98	-0.79	0.59	2.62	3.94	15.97
50-59.9	20	4.95	113.04	-0.79	0.40	2.65	8.20	16.11
60-69.9	13	5.50	122.68	-0.59	0.80	2.84	8.64	22.79
>70	7	8.54	116.46	-0.79	0.44	2.55	20.78	21.65

**Cuadro 20:** Resultados de la comparación de medias por rangos de incremento (mm/año) entre clases de diámetro inicial (cm).

Clase DAP cm	60-69.9	>70	50-59.9	40-49.9	30-39.9	20-29.9
>70	0.2					
50-59.9	0.4	0.11				
40-49.9	0.91	0.45	0.51			
30-39.9	1.09	0.56	0.71	0.33		
20-29.9	1.55	0.89	1.28	1.48	1.63	
10-19.9	1.94	1.18	1.76	2.56	3.37*	2.1

Valor crítico de Z = 3.04, nivel de significancia 0.05, (\*) indica diferencias significativas

En términos conservadores se puede considerar que el incremento diamétrico mediano podría ser superior a partir de 50 cm, como se puede observar en el Cuadro 19. El máximo potencial de incremento lo alcanzan los individuos con diámetro mayor a 50 cm, donde los valores para el tercer cuartil son superiores a 8 mm/año, alcanzando inclusive los 20 mm/año para los individuos con DAP mayor a 70 cm.

### 7.3.3 Análisis del incremento por tratamientos silviculturales

El tratamiento silvicultural realizado en Yarxché consistió en el corte de lianas y la liberación de árboles aplicando dos tipos de arboricidas, "Kurom" y "Round up" en dos concentraciones cada uno, 5% y 10% y 20% y 30%, respectivamente. El propósito del mismo consistió en eliminar individuos no deseados y que competían con las especies de interés. Con ello se pretende mejorar la iluminación de la copa de los árboles y reducir la competencia por espacio y nutrientes del suelo alrededor de los individuos deseados.

Para evaluar el efecto del tratamiento de liberación sobre el incremento es necesario considerar tres aspectos fundamentales, a) efectividad del envenenamiento, b) exposición de copa y presencia de lianas de los árboles liberados, y c) incremento de árboles liberados en condiciones silviculturales aceptables *versus* árboles no tratados.

### a) Evaluación de la efectividad del envenenamiento

La evaluación se realizó de acuerdo con el estado de viabilidad registrado en los individuos 3.16 años después de la aplicación de los arboricidas.

Tal como se presenta en el Cuadro 21, el envenenamiento sólo fue efectivo en el 32% de los árboles inyectados, los cuales fueron severamente afectados (muertos, casi muertos o en condición de tocón, rebrotes o fuste sin copa) por el arboricida aplicado. De los cuatro tipos de soluciones inyectadas, Round up en las dos concentraciones aplicadas (20 y 30%), fue el más efectivo con un promedio de 46% de individuos severamente afectados.

**Cuadro 21:** Estado de viabilidad (año 1998) de árboles envenenados con dos arboricidas y dos concentraciones cada uno, 3.16 años después de su aplicación.

Viabilidad	Concentración de la solución inyectada				Total	En porcentaje
	Kurom 10%	Kurom 5%	Round up 20%	Round up 30%		
Arboles muertos	3	11	3	11	28	22%
Arboles casi muertos en pie	0	0	0	3	3	2%
Tocon/rebote/sin copa	4	1	2	2	9	7%
<b>Subtotal afectados severos</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>32%</b>
En porcentaje del total	30%	21%	45%	47%		
<b>Arboles vivos</b>	<b>16</b>	<b>46</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>86</b>	<b>68%</b>
En porcentaje del total	70%	79%	55%	53%		
<b>Total árboles inyectados</b>	<b>23</b>	<b>58</b>	<b>11</b>	<b>34</b>	<b>126</b>	<b>100%</b>

### b) Exposición de copa y presencia de lianas de los árboles liberados

Con relación a la exposición de copa, 3.16 años después del tratamiento, los árboles liberados se encontraron en las siguientes condiciones: 26% de los árboles con la copa completamente expuesta (clases de iluminación 5 y 4, copa completamente expuesta y plena luz de arriba, respectivamente), 62% con iluminación aceptable (clase 3, alguna luz de arriba) y el 13% restante con iluminación deficiente (clases 1 y 2, ninguna luz directa y luz lateral baja, respectivamente). Estos resultados muestran que el tratamiento de iluminación fue parcialmente efectivo, ya que un alto porcentaje de individuos tenían la copa con reducida exposición a la luz.

Con relación a la presencia de lianas en los árboles liberados, el tratamiento sí fue efectivo ya que todos lo individuos mostraron una presencia de lianas en la copa inferior al 25%.

### c) Incremento de los árboles tratados en condiciones silviculturales aceptables

El tratamiento de liberación de copas se realizó para beneficiar a 39 árboles, actualmente comerciales o potencialmente comerciales, con un promedio de 15.90 cm de DAP, de las especies santa maría, ramón oreja de mico, manax, malerio colorado, jobillo, caoba y amapola. De éstos, 28 individuos tenían un DAP de 10 cm, 6 individuos con 20 cm, 1 individuo con 30 cm, y el resto con un DAP superior a 40 cm.

Del total de árboles liberados se depuraron los individuos que presentaban el fuste comercialmente no adecuado (dañado o quebrado), o no presentaban fuste (tocones, rebrotes o vivos sin copa), es decir, los que no reunían las condiciones comerciales adecuadas. También se depuraron otros individuos que se encontraban fuera del rango de incremento establecido (incremento anual menor a -2 mm o mayor a 25 mm). En total no se incluyeron en el análisis 6 individuos que reunían las condiciones anteriores.

Para el cálculo del incremento anual de los árboles tratados y los testigos se consideraron las mediciones efectuadas en la segunda y última medición, es decir, en un período de 3.16 años después de la aplicación del tratamiento.

Los resultados presentados en el Cuadro 22 sugieren que el tratamiento de liberación aplicado favoreció el incremento de los árboles, donde casi todos los estadísticos son superiores para los individuos liberados, principalmente la mediana y el primer y tercer cuartil. Sin embargo, estadísticamente los dos grupos no muestran diferencias significativas, lo que se comprobó con la prueba de Mann-Whitney ( $X^2 = 3.76$ ,  $gl=1$ ,  $p= 0.052$ ). Estos resultados confirman que el tratamiento de liberación no fue efectivo para mejorar el incremento diamétrico de los árboles liberados.

**Cuadro 22:** Estadísticos del incremento (mm/año) después de la aplicación del tratamiento de liberación en Yarxché. Período 1995 a 1998.

Estadísticos	Tratamiento	
	liberados	sin tratamiento
Número de árboles	33	2189
Media	2.7795	2.2191
CV%	91.6	116.49
Mínimo (mm/año)	0	-1.8977
1er cuartil (mm/año)	0.9489	0.6326
Mediana (mm/año)	2.214	1.5815
3er cuartil (mm/año)	3.6373	3.1629
Máximo (mm/año)	11.386	21.824

### 7.3.4 Relación entre incremento y las condiciones silvícolas y de sitio

En el Cuadro 23 se presentan los resultados de la comparación estadística (Kruskal Wallis y Comparación de medias por rangos) y análisis de correlación (Spearman) del incremento de los individuos según sus condiciones silvícolas y de sitio en la unidad experimental Yarxché.

La forma de copa es la que presentó el mayor el coeficiente de correlación de Spearman ( $R_s = 0.39$   $p < 0.0001$ ). La prueba de Kruskal Wallis para la agrupación de las clases de forma de copa mostró diferencias significativas del incremento entre los grupos ( $X^2 = 352.67$ ,  $gl = 2$ ,  $p < 0.0001$ ). La comparación de medias por rangos comprobó que existen diferencias entre el incremento y todas las clases de forma de copa analizadas. Resultados similares se obtuvieron para la exposición o iluminación de copa con un coeficiente de correlación de 0.34 ( $p < 0.0001$ ) y diferencias estadísticas entre las tres clases analizadas, lo cual fue comprobado con la prueba de Kruskal Wallis ( $X^2 = 277.90$ ,  $gl = 2$ ,  $p < 0.0001$ ) y comparación de medias por rangos.

Esto permite asegurar que la forma y exposición o iluminación de copa ejerce una fuerte influencia en el incremento de los árboles. Entre mejor sea la forma y la iluminación de la copa del individuo mayor será su incremento diamétrico. La presencia de lianas en la copa no presentó ninguna asociación con el incremento diamétrico ni diferencia estadística entre clases (Spearman  $R_s = -0.0058$   $p = 0.7805$ ).

**Cuadro 23:** Estadísticos del incremento (mm/año), comparación estadística y análisis de correlación según las condiciones silvícolas y de sitio de los árboles. Período 1993/1994 a 1998.

Variables de sitio y silvícolas	# arb	Estadísticos del incremento (mm/año)							Kruskal Wallis ( $X^2$ , $p > X^2$ )	Comparación medias por rangos	Spearman ( $R_s$ , $p > R$ )
		CV%	Media	Mínimo	cuartil 1	Mediana	cuartil 3	Máximo			
<b>Drenaje del suelo</b>											
Drenaje escaso (3)	118	101.97	2.75	-1.18	0.96	1.97	3.83	19.84	$X^2 = 16.30$ , $gl = 2$ , $p = 0.0003$	a	- 0.081 $p < 0.0001$
Drenaje moderado (2)	1352	115.88	2.42	-1.97	0.79	1.75	3.14	22.79		a	
Bien drenado (1)	844	118.81	2.04	-1.97	0.59	1.38	2.95	23.38		b	
<b>Pendiente</b>											
< 15% (1)	1201	111.44	2.47	-1.97	0.79	1.77	3.14	22.74	$X^2 = 19.74$ , $gl = 3$ , $p = 0.0002$	a	- 0.09 $p < 0.0001$
15 a 30% (2)	570	125.77	2.30	-1.96	0.59	1.57	2.95	23.38		ab	
30 a 45% (3)	360	118.15	2.00	-1.97	0.44	1.53	2.95	22.98		b	
> 45% (4)	183	107.29	1.74	-1.53	0.44	1.09	2.95	9.19		b	
<b>Pedregosidad</b>											
Ninguna a moderada (1)	2092	116.20	2.35	-1.97	0.66	1.57	3.06	23.38	$X^2 = 8.64$ , $gl = 2$ , $p = 0.0133$	a	- 0.081 $p = 0.0035$
Muy pedregoso (3)	32	110.31	1.79	-0.59	0.39	0.98	3.14	8.48		ab	
Pedregoso (2)	190	110.04	1.75	-1.97	0.43	1.31	2.84	10.94		b	
<b>Profundidad de suelo</b>											
> 60 cm (3)	66	86.51	2.77	-1.97	0.87	2.41	3.72	10.81	$X^2 = 08.87$ , $gl = 2$ , $p = 0.0119$	a	0.072 $p = 0.13$
< 30 cm (1)	124	101.47	2.18	-0.67	0.59	1.57	2.95	13.78		ab	
30 a 60 cm (2)	248	109.35	2.04	-1.98	0.59	1.38	2.82	13.36		b	
<b>Forma de copa</b>											
Buena (1)	1454	102.50	2.88	-1.97	1.16	2.18	3.72	23.38	$X^2 = 352.67$ , $gl = 2$ , $p < 0.0001$	a	0.39 $p < 0.0001$
Pobre (2)	547	110.89	1.52	-1.97	0.39	1.09	2.16	10.94		b	
Muy pobre (3)	313	182.68	0.95	-1.97	0.00	0.44	1.38	15.97		c	
<b>Exposición de copa</b>											
Expuesta (1)	493	99.32	3.90	-1.31	1.18	2.95	5.03	22.98	$X^2 = 277.9$ , $gl = 2$ , $p < 0.0001$	a	0.34 $p < 0.0001$
Parcial (2)	1490	102.51	2.07	-1.97	0.75	1.57	2.84	23.36		b	
Deficiente (3)	331	130.14	0.93	-1.96	0.20	0.79	1.53	11.59		c	
<b>Lianas en la copa</b>											
25 a 50% (2)	277	112.78	2.43	-1.75	0.79	1.96	3.10	20.78	$X^2 = 5.88$ , $gl = 2$ , $p = 0.0527$	a	- 0.0058 $p = 0.7805$
< 25% (1)	1943	115.85	2.29	-1.97	0.66	1.57	3.06	23.38		a	
> 50% (3)	94	142.58	2.03	-1.97	0.44	1.18	2.84	20.63		a	

Comparación de medias por rangos: Grupos con la misma letra no difieren entre sí.

Para las otras variables silvícolas y las condiciones de sitio, la correlación no fue tan fuerte como en los casos anteriores, con coeficientes inferiores a 0.10 en todos los casos. Dentro de estos, el porcentaje de pendiente ( $R_s = 0.09$ ,  $p < 0.0001$ ), el drenaje del suelo ( $R_s = -0.081$ ,  $p < 0.0001$ ) y la pedregosidad ( $R_s = -0.061$ ,  $p = 0.0035$ ) presentaron coeficientes de correlación del incremento estadísticamente significativos.

Aunque la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis comprobó que existen diferencias entre las clases dentro de cada una de estos grupos, tal como se muestra en el **Cuadro 23**, la comparación de medias por rangos no muestra una diferencia contundente entre clases, a excepción de los individuos en suelos bien drenados que presentaron diferencias con individuos en condiciones de drenaje escaso o moderado y los individuos en pendientes superiores a 30% que igualmente tienen incrementos inferiores a los que se encuentran en pendientes inferiores al 15%. Igualmente ocurrió con los incrementos de los individuos en suelos profundos (> 60 cm) que tienen diferencias significativas con los individuos establecidos en suelos de profundidad intermedia (30 a 60 cm).

Los incrementos de los árboles en suelos bien drenados y con altos porcentajes de pendiente parecen estar asociados con una combinación de éstas dos variables de sitio, ya que en este caso el coeficiente de correlación de Spearman entre el drenaje del sitio y el porcentaje de pendiente es de 0.716 ( $p = 0.0$ ).

## 7.4 Mortalidad y reclutamiento de la vegetación

La tasa anual de mortalidad para toda la población (conjunto de 96 especies), con DAP mayor a 10 cm, durante los cinco años del período de medición (1993 a 1998) fue de 1.99%. Esta tasa es similar a la reportada por otros autores para bosques naturales tropicales y subtropicales de Centroamérica. Por ejemplo, Peralta *et al.*, 1987 (26), determinaron tasas anuales promedio de 2.03% en bosques sin intervenir en la estación biológica La Selva, Costa Rica. Pinelo, 1997 (27), para bosques naturales en sitios cercanos en San Miguel, Petén, obtuvo tasas de mortalidad de 2.09%/año para bosques naturales intervenidos y 1.83%/año para bosques no intervenidos.

Tal como se puede observar en el **Cuadro 24**, las especies que presentaron las mayores tasas anuales de mortalidad natural, donde murió el total de individuos de la población inicial, fueron: campac (*Belotia campbellii*), laurel blanco (*Cordia alliodora*), palo blanco (*Rosededron donnell-smithii*), papaturro blanco (*Coccoloba* spp.) y taj negro (nombre científico desconocido). Sin embargo, es necesario aclarar que estos resultados deben ser analizados con discreción por la reducida cantidad de individuos de la muestra (menos de tres árboles por especie). Otras especies que presentaron altas tasas anuales de mortalidad natural, inclusive superiores al 10%, fueron: achiotillo (*Bernardia interrupta*), yaxochoc (desconocido), vitz (*Inga leptoloba*) e ixcajaguay (*Cestrum racemosum*).

La tasa de mortalidad natural mostró una correlación significativa con la población inicial de la especie (Spearman  $R_s = 0.2950$ ,  $p > 0.0035$ ). Es decir, que especies poco abundantes, tal como las mencionadas en el párrafo anterior y otras presentadas en el **Cuadro 24**, tienen las mayores tasas anuales de mortalidad natural. Aunque esto obviamente está influenciado con la aplicación de la fórmula matemática para el cálculo de la tasa de mortalidad, la cual es relativa con la abundancia inicial de la especie. El análisis de correlación entre la población inicial y el número absoluto de árboles muertos por especie también mostró ser estadísticamente significativo (Spearman  $R_s = 0.6754$ ,  $p < 0.0001$ ). Es decir, que en las especies con mayor población mueren más individuos en términos absolutos.

**Cuadro 24:** Valores absolutos de mortalidad de acuerdo con cuatro tipos de causas de muerte y tasas anuales de mortalidad natural según especies con DAP superior a 10 cm. Período 1993/94 a 1998.

No	Nombre Común	Población inicial 1993/94	Árboles muertos naturalmente	Tasa anual de mortalidad nat % <sup>2</sup>	Mortalidad por actividades de manejo (población absoluta)				
					aprov.	liberación	tumbado	total	% de pob inicial
1	Achiotillo	8	6	27.73%	0	0	0	0	0%
2	Yaxochoc	3	2	21.97%	0	0	0	0	0%
3	Vitz	4	2	13.86%	0	0	0	0	0%
4	Ixcajaguay	11	5	12.12%	1	0	0	1	9.09%
5	Desconocido	3	1	8.11%	0	0	0	0	0%
6	Palo de chombo	3	1	8.11%	0	0	0	0	0%
7	Quina	6	2	8.11%	0	0	0	0	0%
8	Ramón blanco	3	1	8.11%	0	0	0	0	0%
9	Sacalante aguacatillo	16	5	7.49%	0	0	0	0	0%
10	Anona de montaña	19	5	6.11%	0	0	0	0	0%
11	Cebillo	4	1	5.75%	0	0	0	0	0%
12	Chilonché	16	4	5.75%	0	0	0	0	0%
13	Laurel negro	4	1	5.75%	0	0	0	0	0%
14	Tzalam	9	2	5.03%	0	0	0	0	0%
15	Chechén blanco	291	64	4.97%	6	7	0	13	4.47%
16	Frente de toro	5	1	4.46%	0	0	0	0	0%
17	Gesmo	16	3	4.15%	0	0	0	0	0%
18	Subín colorado	60	11	4.05%	2	0	0	2	3.33%
19	Chintoc blanco	34	5	3.18%	0	1	0	1	2.94%
20	Yaxnic	70	10	3.08%	4	0	0	4	5.71%
21	Malerio colorado	83	10	2.57%	1	1	1	3	3.61%
22	Aceituno peludo	9	1	2.36%	0	0	0	0	0%
23	Santa maría	10	1	2.11%	1	0	2	3	30.00%
24	Cedrillo	20	2	2.11%	1	0	0	1	5.00%
25	Manax	190	19	2.11%	5	0	0	5	2.63%
26	Amate	71	7	2.08%	3	0	0	3	4.23%
27	Chonté	21	2	2.00%	2	0	0	2	9.52%
28	Luin hembra	21	2	2.00%	0	1	0	1	4.76%
29	Palo gusano	11	1	1.91%	0	0	0	0	0%
30	Cojón de caballo	25	2	1.67%	0	0	0	0	0%
31	Pimienta	13	1	1.60%	0	0	0	0	0%
32	Zapotillo	454	34	1.56%	6	9	0	15	3.30%
33	Tempisque	27	2	1.54%	0	3	0	3	11.11%
34	Pasaque hembra	14	1	1.48%	0	0	0	0	0%
35	Chile malache	15	1	1.38%	0	0	0	0	0%
36	Jobo	162	10	1.27%	6	3	0	9	5.56%
37	Naranjillo	34	2	1.21%	0	0	0	0	0%
38	Canisté	173	10	1.19%	2	0	0	2	1.16%
39	Botán	196	11	1.16%	6	0	0	6	3.06%
40	Tzol	77	4	1.07%	2	0	0	2	2.60%
41	Silión	125	6	0.98%	1	0	0	1	0.80%
42	Ektic	21	1	0.98%	2	0	0	2	9.52%
43	Aceituno	24	1	0.85%	1	0	0	1	4.17%
44	Ramón oreja de mico	125	4	0.65%	0	0	0	0	0%
45	Copal	32	1	0.63%	0	0	0	0	0%
46	Chacaj colorado	39	1	0.52%	1	1	0	2	5.13%
47	Son	57	1	0.35%	0	1	0	1	1.75%
48	Chico zapote	84	1	0.24%	3	0	0	3	3.57%
49	Caoba	13	0	0%	1	0	6	7	53.85%
50	Amapola	11	0	0%	0	0	2	2	18.18%
51	Palo de hueso	6	0	0%	0	1	0	1	16.67%
52	Cedro	8	0	0%	0	0	1	1	12.50%
53	Malerio blanco	9	0	0%	0	0	1	1	11.11%
54	Ramón colorado	10	0	0%	1	0	0	1	10.00%
55	Sosni	11	0	0%	1	0	0	1	9.09%
56	Mano de león	12	0	0%	0	1	0	1	8.33%
57	Sacuché	21	0	0%	0	1	0	1	4.76%
58	Abalo	0	0	ne	0	0	0	0	0%
59	Campac	1	1	ne	0	0	0	0	0%
60	Laurel blanco	2	2	ne	0	0	0	0	0%
61	Palo blanco	1	1	ne	0	0	0	0	0%
62	Papaturro blanco	1	1	ne	0	0	0	0	0%
63	Taj negro	3	3	ne	0	0	0	0	0%
64	Otras 33 especies	114	0	0%	0	0	0	0	0%
<b>Totales</b>		<b>2941</b>	<b>279</b>	<b>1.99%</b>	<b>59</b>	<b>30</b>	<b>13</b>	<b>102</b>	<b>3.47%</b>

1) Datos en valores absolutos.

aprov.: individuos afectados indirectamente por las actividades de aprovechamiento.

2) Mortalidad natural anual (m%) =  $100 \cdot (\ln(N/(N-m)))/t$ , donde: ln= logaritmo natural, N=Población inicial, m=árboles muertos naturalmente y t=tiempo en años.

Las especies con mayores porcentajes de mortalidad por actividades de manejo (operaciones de aprovechamiento, liberación o tumba) corresponde obviamente a las que fueron aprovechadas, tal como caoba (*S. macrophylla*), santa maría (*C. brasiliense*), amapola (*S. ellipticum*), cedro (*C. odorata*). Otras especies no comerciales especialmente afectadas por el aprovechamiento fueron palo de hueso (*Celtis trinervia*), tempisque (*Sideroxylon mayana*) y ramón colorado (*Trophis racemosa*), con porcentajes de mortalidad superiores al 10% de la población inicial.

Tal como se muestra en el **Cuadro 25**, los árboles de la clase de DAP entre 50 y 59.9 cm tienen la tasa anual de mortalidad natural más elevada, con 3.18%. Los individuos de las clases de diámetro de 20 a 29.9 cm y 30 a 39.9 cm, también presentaron tasas superiores comparadas con las otras clases de diámetro, con 2.05 y 2.52%, respectivamente. Sin embargo, el análisis de correlación de Spearman no mostró una relación significativa entre las tasas anuales de mortalidad natural y las clases de diámetro inicial (Spearman  $R_s = -0.50$ ,  $p > 0.25$ )

**Cuadro 25:** Valores absolutos de mortalidad natural y tasas anuales de mortalidad natural por clases de diámetro inicial (1993/94) en cm. Período 1993/1994 a 1998.

Clase de DAP cm	Población <sup>1</sup> Inicial 1993/94	Arboles <sup>1</sup> muertos naturalmente	Tasa anual de mortalidad nat % <sup>2</sup>
10 - 19.9	1753	161	1.93%
20 - 29.9	677	66	2.05%
30 - 39.9	304	36	2.52%
40 - 49.9	118	10	1.77%
50 - 59.9	34	5	3.18%
60 - 69.9	26	1	0.78%
> 70	29	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>2941</b>	<b>279</b>	<b>1.99%</b>

1: Datos en valores absolutos.

2: Mortalidad natural anual (m%) =  $100 \cdot (\ln(N/(N-m)))/t$

Los resultados presentados en el Cuadro 26, donde se presentan los valores absolutos de mortalidad natural y tasas anuales de mortalidad natural por tipos de tratamiento, sugieren que la mortalidad natural puede ser mayor en sitios intervenidos (aprovechamiento y/o liberación de copas). Sin embargo, con la prueba de Kruskal Wallis se comprobó que no existen diferencias significativas entre las tasas de mortalidad natural (%) y los cuatro tipos de tratamiento aplicados en Yaxché ( $X^2=0.4798$ ,  $gl=3$ ,  $p>0.9233$ ).

**Cuadro 26:** Valores absolutos de mortalidad natural y tasas anuales de mortalidad natural por tipos de tratamiento. Período 1993/94 a 1998.

Tratamiento	# parcela	Población inicial	Arboles muertos naturalmente	Tasa anual de mor nat % *
Sin intervención	28	136	10	1.53%
Sin intervención	223	139	13	1.96%
<b>Total para el tratamiento</b>		<b>275</b>	<b>23</b>	<b>1.75%</b>
Sólo aprovechamiento	124	131	9	1.42%
Sólo aprovechamiento	202	114	8	1.46%
Sólo aprovechamiento	221	152	18	2.52%
Sólo aprovechamiento	225	156	10	1.32%
Sólo aprovechamiento	304	175	13	1.54%
Sólo aprovechamiento	307	161	14	1.82%
Sólo aprovechamiento	329	131	14	2.26%
<b>Total para el tratamiento</b>		<b>1020</b>	<b>86</b>	<b>1.76%</b>
Aprov. + Liberación	13	141	16	2.41%
Aprov. + Liberación	15	134	12	1.88%
Aprov. + Liberación	19	158	26	3.60%
Aprov. + Liberación	34	154	26	3.70%
Aprov. + Liberación	39	141	10	1.47%
Aprov. + Liberación	115	131	11	1.75%
Aprov. + Liberación	132	145	8	1.14%
Aprov. + Liberación	236	122	10	1.71%
Aprov. + Liberación	237	120	7	1.20%
Aprov. + Liberación	314	132	15	2.41%
<b>Total para el tratamiento</b>		<b>1378</b>	<b>141</b>	<b>2.16%</b>
Sólo liberación	313	122	8	1.36%
Sólo liberación	340	146	21	3.11%
<b>Total para el tratamiento</b>		<b>268</b>	<b>29</b>	<b>2.29%</b>

\*: Mortalidad natural anual (m%) =  $100 \cdot (\ln(N/(N-m)))/t$

Como se observa en el Cuadro 27 la tasa anual de reclutamiento, en un período de medición medio de 5 años, para toda la población (96 especies) es de 1.06%. Las especies que presentaron valores superiores de reclutamiento, mayores al 10% /año, fueron: abalo (*Sideroxylon obtusifolium*), catalox (*Swartzia lundellii*), laurel negro (no determinado) y manchiche (*Lonchocarpus castilloi*). Contrariamente, 46 especies (48% del total) no tuvieron árboles reclutas. Únicamente en cuatro especies murieron árboles reclutas, entre ellas, chico zapote (*Manilkara zapota*), pimienta (*Pimenta dioica*), ixcajaguay (*Cestrum racemosa*) y chilonché (*Eugenia capuli*), todas con tasas anuales de mortalidad de reclutas superiores a 5%. La tasa anual de mortalidad de los árboles reclutas para estas cuatro especies fue de 0.63%. Sin embargo, la tasa anual de mortalidad de reclutas relativa a la población inicial de la especie fue 0.03%.

**Cuadro 27:** Valores absolutos, tasas anuales de reclutamiento y tasas anuales de mortalidad de árboles reclutas según especies con DAP superior a 10 cm. Período 1993/94 a 1998.

No	Nombre Común	Población Inicial 1993/94	Reclutamiento (Número absoluto de individuos) <sup>1</sup>			Tasa anual de reclutamiento % <sup>2</sup>	Tasa (%) anual de mortalidad natural reclutas <sup>3</sup>	Tasa (%) anual de mortalidad natural reclutas por población <sup>4</sup>
			Muertos	Vivos	Total			
1	Abalo	0	0	1	1	ne	0.00%	ne
2	Catalox	2	0	1	1	10.00%	0.00%	0.000%
3	Laurel negro	4	0	2	2	10.00%	0.00%	0.000%
4	Manchiche	4	0	2	2	10.00%	0.00%	0.000%
5	Chununté	7	0	3	3	8.57%	0.00%	0.000%
6	Rámon colorado	10	0	4	4	8.00%	0.00%	0.000%
7	Achiotillo	8	0	3	3	7.50%	0.00%	0.000%
8	Chintoc negro	3	0	1	1	6.67%	0.00%	0.000%
9	Desconocido	3	0	1	1	6.67%	0.00%	0.000%
10	Jaboncillo	3	0	1	1	6.67%	0.00%	0.000%
11	Palo de chombo	3	0	1	1	6.67%	0.00%	0.000%
12	Palo de hueso	6	0	2	2	6.67%	0.00%	0.000%
13	Chonte	21	0	6	6	5.71%	0.00%	0.000%
14	Ixcajaguay	11	2	3	5	5.45%	10.22%	4.013%
15	Oc chuul	4	0	1	1	5.00%	0.00%	0.000%
16	Roble	4	0	1	1	5.00%	0.00%	0.000%
17	Luin hembra	21	0	4	4	3.81%	0.00%	0.000%
18	Chilonché	16	1	3	4	3.75%	5.75%	1.291%
19	Chechén negro	6	0	1	1	3.33%	0.00%	0.000%
20	Yaya sufricay	23	0	3	3	2.61%	0.00%	0.000%
21	Acetituno peludo	9	0	1	1	2.22%	0.00%	0.000%
22	Santa maría	10	0	1	1	2.00%	0.00%	0.000%
23	Palo gusano	11	0	1	1	1.82%	0.00%	0.000%
24	Sosni	11	0	1	1	1.82%	0.00%	0.000%
25	Naranjillo	34	0	3	3	1.76%	0.00%	0.000%
26	Acetituno	24	0	2	2	1.67%	0.00%	0.000%
27	Mano de león	12	0	1	1	1.67%	0.00%	0.000%
28	Subin colorado	60	0	5	5	1.67%	0.00%	0.000%
29	Pimienta	13	1	1	2	1.54%	13.86%	1.601%
30	Tempisque	27	0	2	2	1.48%	0.00%	0.000%
31	Pasaque hembra	14	0	1	1	1.43%	0.00%	0.000%
32	Yaxic	70	0	5	5	1.43%	0.00%	0.000%
33	Copal	32	0	2	2	1.25%	0.00%	0.000%
34	Gesmo	16	0	1	1	1.25%	0.00%	0.000%
35	Zapotillo	454	0	27	27	1.19%	0.00%	0.000%
36	Chintoc blanco	34	0	2	2	1.18%	0.00%	0.000%
37	Manax	190	0	10	10	1.05%	0.00%	0.000%
38	Canisté	173	0	9	9	1.04%	0.00%	0.000%
39	Chechén blanco	291	0	15	15	1.03%	0.00%	0.000%
40	Cedrillo	20	0	1	1	1.00%	0.00%	0.000%
41	Cogón de caballo	25	0	1	1	0.80%	0.00%	0.000%
42	Malerio colorado	83	0	3	3	0.72%	0.00%	0.000%
43	Son	57	0	2	2	0.70%	0.00%	0.000%
44	Silión	125	0	4	4	0.64%	0.00%	0.000%
45	Chacaj colorado	39	0	1	1	0.51%	0.00%	0.000%
46	Botán	196	0	5	5	0.51%	0.00%	0.000%
47	Rarón oreja de ríco	125	0	3	3	0.48%	0.00%	0.000%
48	Arnite	71	0	1	1	0.28%	0.00%	0.000%
49	Tzol	77	0	1	1	0.26%	0.00%	0.000%
50	Chico zapote	84	1	0	1	0.00%	20.00%	0.240%
51	Otras 46 especies	395	0	0	0	0.00%	0.00%	0.000%
Total general		2941	5	156	161	1.06%	0.63%	0.03%

1: Número de árboles que ingresaron a la clase de diámetro de 10 a 19.9 cm

2: Tasa anual de reclutamiento ( $R\%$ ) =  $100 \times (r/N) \times t$ , donde: N=Población total inicial, r=Número de árboles vivos que ingresaron a la clase de diámetro de 10 a 19.9 cm, t=tiempo en años.

3: Tasa de mortalidad natural de reclutamiento ( $m\%$ ) =  $100 \times (\ln(N/(N-m))/t)$ , donde: ln= logaritmo natural, N=Población total (inicial de reclutas, m=árboles reclutas muertos naturalmente y t=tiempo en años.

4: Tasa de mortalidad natural de reclutamiento según población inicial ( $m\%/R$ ) =  $100 \times (\ln(N/(N-m))/t)$ , donde: ln= logaritmo natural, N=Población total (inicial de la especie, m=árboles reclutas

La tasa anual de reclutamiento mostró una correlación significativa con la población inicial de la especie (Spearman  $R_s = 0.3083$ ,  $p > 0.0022$ ). Es decir, individuos poco abundantes mostraron las mayores tasas de reclutamiento, tal como se puede apreciar en el cuadro 27. Como ya se discutió anteriormente en el caso de las tasas de mortalidad natural, estos resultados también están asociados con la aplicación de la fórmula matemática para calcular la tasa anual de reclutamiento. Indiscutiblemente, en las especies poco abundantes

los ingresos de árboles reclutas aumentan en mayor proporción la tasa de reclutamiento que en aquellas especies con mayor número de individuos. Esto se comprueba con los resultados del análisis de correlación entre el número absoluto de reclutas y la población total de cada especie, que mostró ser estadísticamente significativo (Spearman  $R_s = 0.6555$ ,  $p > 0.0001$ ). Es decir, que en las especies más abundantes el número absoluto de reclutas es mayor.

Los resultados presentados en el Cuadro 28 sugieren que el reclutamiento o la mortalidad de los reclutas puede ser mayor en sitios intervenidos (aprovechamiento y/o liberación de copas). Sin embargo, análisis estadísticos demostraron que no existen diferencias significativas entre los cuatro tipos de tratamiento aplicados y las tasas (%) y valores absolutos de reclutamiento: Kruskal-Wallis para valores absolutos de reclutas muertos por tratamiento ( $\chi^2=1.85$ ,  $gl=3$ ,  $p=0.6041$ ), tasas (%) anuales de reclutamiento por tratamiento ( $\chi^2=1.33$ ,  $gl=3$ ,  $p=0.7213$ ), tasas (%) de mortalidad de reclutas por tratamiento ( $\chi^2=1.49$ ,  $gl=3$ ,  $p=0.685$ ), y análisis de varianza para valores absolutos de reclutas vivos ( $F=0.6027$ ,  $gl=3$ ,  $p > F=0.6220$ ).

**Cuadro 28:** Valores absolutos, tasas anuales de reclutamiento y tasas anuales de mortalidad de árboles reclutas según tratamientos. Período 1993/94 a 1998.

Tratamiento	# parcela	Población inicial	reclutas muertos	reclutas vivos	Total reclutas	Tasa (%) anual reclutamiento <sup>1</sup>	Tasa (%) anual de mortalidad natural reclutas <sup>2</sup>	Tasa (%) anual de mortalidad natural reclutas según la población inicial <sup>3</sup>
Sin intervención	28	136	0	8	8	1.2%	0.0%	0.000%
Sin intervención	223	139	0	2	2	0.3%	0.0%	0.000%
<b>Total para el tratamiento</b>		<b>275</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0.7%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.000%</b>
Sólo aprovechamiento	124	131	0	8	8	1.2%	0.0%	0.000%
Sólo aprovechamiento	202	114	1	7	8	1.2%	2.7%	0.178%
Sólo aprovechamiento	221	152	0	9	9	1.2%	0.0%	0.000%
Sólo aprovechamiento	225	156	0	10	10	1.3%	0.0%	0.000%
Sólo aprovechamiento	304	175	0	4	4	0.5%	0.0%	0.000%
Sólo aprovechamiento	307	161	0	5	5	0.6%	0.0%	0.000%
Sólo aprovechamiento	329	131	0	5	5	0.8%	0.0%	0.000%
<b>Total para el tratamiento</b>		<b>1020</b>	<b>1</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>0.9%</b>	<b>0.4%</b>	<b>0.020%</b>
Aprov. + Liberación	13	141	0	4	4	0.6%	0.0%	0.000%
Aprov. + Liberación	15	134	1	6	7	0.9%	3.1%	0.150%
Aprov. + Liberación	19	158	0	10	10	1.3%	0.0%	0.000%
Aprov. + Liberación	34	154	0	9	9	1.2%	0.0%	0.000%
Aprov. + Liberación	39	141	1	8	9	1.1%	2.4%	0.142%
Aprov. + Liberación	115	131	0	3	3	0.5%	0.0%	0.000%
Aprov. + Liberación	132	145	0	6	6	0.8%	0.0%	0.000%
Aprov. + Liberación	236	122	0	8	8	1.3%	0.0%	0.000%
Aprov. + Liberación	237	120	0	11	11	1.8%	0.0%	0.000%
Aprov. + Liberación	314	132	1	17	18	2.6%	1.1%	0.152%
<b>Total para el tratamiento</b>		<b>1378</b>	<b>3</b>	<b>82</b>	<b>85</b>	<b>1.2%</b>	<b>0.7%</b>	<b>0.044%</b>
Sólo liberación	313	122	0	7	7	1.1%	0.0%	0.000%
Sólo liberación	340	146	1	9	10	1.2%	2.1%	0.137%
<b>Total para el tratamiento</b>		<b>268</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>1.2%</b>	<b>1.2%</b>	<b>0.075%</b>

1. Tasa anual de reclutamiento ( $R\%$ ) =  $100 \times (r/N)/t$ , donde: N=Población total inicial, r=Número de árboles vivos que ingresaron a la clase de diámetro de 10 a 19.9 cm, t=tiempo en años.

2. Tasa de mortalidad natural de reclutamiento ( $m\%$ ) =  $100 \cdot (\ln(N/(N-m)))/t$ , donde:  $\ln$ =logaritmo natural, N=Población total inicial de reclutas, m=árboles reclutas muertos naturalmente y t=tiempo en años.

4. Tasa de mortalidad natural de reclutamiento según población inicial ( $m\%R$ ) =  $100 \cdot (\ln(N/(N-m)))/t$ , donde:  $\ln$ =logaritmo natural, N=Población total inicial de la especie, m=árboles reclutas muertos naturalmente y t=tiempo en años.

### 7.4.1 Relación entre la mortalidad y el reclutamiento y variables silvícolas y de sitio

Según se presenta en el Cuadro 29, se determinó correlación significativa entre la tasa anual de mortalidad y la forma de copa y la calidad de fuste. Es decir, que entre más pobre sea la copa del árbol mayor será la mortalidad. En el caso de la calidad de fuste se observó que individuos con fustes deformados, podridos o dañados tienen tasas de mortalidad superiores que aquellos individuos con fustes rectos y sanos. Otras variables silvícolas (exposición de copa, DAP y presencia de lianas) no poseen una correlación significativa con la mortalidad y el reclutamiento. Igualmente, tampoco se observó correlación significativa entre el reclutamiento y la mortalidad y las condiciones del sitio (drenaje, pendiente, pedregosidad y profundidad del suelo).

**Cuadro 29:** Coeficientes de correlación de Spearman ( $R_s$ ) para las tasas (%) anuales de mortalidad y reclutamiento según variables iniciales (1993/94) de sitio y silvícolas. Período 1993/94 a 1998.

Variables analizadas			R Spearman ( $R_s$ )	P> $R_s$
% mortalidad/año	versus	<b>Forma de copa</b>	<b>0.83</b>	<b>0.04</b>
% mortalidad/año	versus	Exposición de copa	-0.46	0.43
% mortalidad/año	versus	Clase DAP cm	-0.50	0.25
% mortalidad/año	versus	<b>Calidad de fuste</b>	<b>1.00</b>	<b>0.00</b>
% mortalidad/año	versus	Presencia de lianas	-0.17	0.67
% mortalidad/año	versus	Pedregosidad	0.80	0.10
% mortalidad/año	versus	Drenaje	-0.20	0.75
% mortalidad/año	versus	Clase de pendiente (%)	-0.31	0.54
% mortalidad/año	versus	Profundidad del suelo	-0.80	0.20
% reclutamiento/año	versus	Pedregosidad	0.10	0.87
% reclutas muertos/año	versus	Pedregosidad	-0.56	0.32
% reclutamiento/año	versus	Drenaje	-0.60	0.29
% reclutas muertos/año	versus	Drenaje	0.16	0.80
% reclutamiento/año	versus	Clase pendiente (%)	-0.26	0.62
% reclutas muertos/año	versus	Clase pendiente (%)	-0.20	0.70
% reclutamiento/año	versus	Profundidad del suelo	0.40	0.60

Con propósitos ilustrativos se presentan en el Cuadro 29 los valores absolutos y los porcentajes anuales de mortalidad y reclutamiento según las variables silvícolas y las condiciones de sitio analizadas.

Cuadro 30: Valores absolutos y tasas (%) anuales de mortalidad y reclutamiento según variables silvícolas y de sitio.

Variable	Población inicial	árboles muertos naturalmente	Tasa (%) anual mortalidad natural <sup>1</sup>	Tasa anual de reclutamiento % <sup>2</sup>	Tasa (%) anual de mortalidad natural reclutas <sup>3</sup>	Reclutas muertos	Reclutas vivos
<b>Pedregosidad</b>							
Sin piedras o escasas	2180	200	1.92	1.06	0.52	3	115
Moderadamente	498	50	2.12	1.12	0.70	1	28
Interfiere labores	143	14	2.08	0.98	2.67	1	7
Interfiere maquinaria	81	11	2.92	0.49	0.00	0	2
Cubre 15-90% superficie	39	4	2.16	2.05	0.00	0	4
<b>Drenaje</b>							
Escasamente drenado	167	17	2.15	1.56	0.00	0	13
Imperfectamente drenado	737	72	2.06	1.25	0.43	1	46
Moderadamente bien dre.	1001	75	1.56	0.92	0.43	1	46
Bien drenado	875	101	2.45	0.98	1.35	3	43
Excesivamente drenado	161	14	1.82	0.99	0.00	0	8
<b>Clase de pendiente (%)</b>							
0 a < 15 %	1572	130	1.73	1.06	0.48	2	83
>= 15 a < 30 %	702	73	2.20	1.20	0.47	1	42
>= 30 a < 45 %	450	56	2.66	0.98	0.89	1	22
>= 45 a <= 80 %	119	11	1.94	0.50	0.00	0	3
> 60 a <= 70 %	73	7	2.02	1.37	3.65	1	5
> 70 %	25	2	1.67	0.80	0.00	0	1
<b>Profundidad del suelo</b>							
< 15 cm	46	6	2.80	0.87	0.00	0	2
15 a 30 cm	108	10	1.94	1.48	0.00	0	8
30 a 60 cm	325	31	2.00	0.92	0.00	0	15
> 60	84	4	0.98	1.43	0.00	0	6
<b>Forma de copa</b>							
Perfecta	339	19	1.15				
Buena	823	71	1.80				
Tolerable	1137	114	2.11				
Pobre	378	23	1.26				
Muy pobre	152	29	4.23				
Sin copa	93	18	4.30				
<b>Exposición de copa</b>							
Ninguna luz directa	830	89	2.27				
Luz lateral moderada	508	41	1.68				
Alguna luz de arriba	695	62	1.87				
Plena luz de arriba	561	59	2.22				
Totalmente expuesta	347	28	1.68				
<b>Clase de DAP cm</b>							
10-19.9	1753	161	1.93				
20-29.9	677	66	2.05				
30-39.9	304	36	2.52				
40-49.9	118	10	1.77				
50-59.9	34	5	3.18				
60-69.9	26	1	0.78				
> 70	29	0	0.00				
<b>Calidad de fuste</b>							
Comercial	93	2	0.43				
Comercial a futuro	2113	186	1.84				
Comercial Parcial	85	8	1.98				
Deformado	397	40	2.12				
Dañado	166	23	2.98				
Podrido	87	20	5.22				
<b>Presencia de lianas</b>							
Sin lianas	1352	137	2.14				
Solo en copa	294	27	1.93				
En 50% de la copa	21	5	5.44				
Sueltas en fuste	516	41	1.66				
Sueltas en fuste y en copa	374	39	2.20				
Sueltas en fuste y 50% en copa	79	5	1.31				
Apretando fuste	183	18	2.07				
Apretando fuste y existentes en copa	100	3	0.61				
Apretando fuste y en 50% de la copa	21	3	3.08				

1: Tasa de mortalidad natural ( $m\%$ ) =  $100 \cdot (\ln(N/(N-m)))/t$ , donde:  $\ln$ = logaritmo natural,  $N$ =Población inicial,  $m$ =árboles muertos naturalmente y  $t$ =tiempo en años.

2: Tasa anual de reclutamiento ( $R\%$ ) =  $100 \cdot (r/N)/t$ , donde:  $N$ =Población total inicial,  $r$ =Número de árboles vivos que ingresaron a la clase de diámetro de 10 a 19.9 cm,  $t$ =tiempo en años.

3: Tasa de mortalidad natural de reclutamiento ( $m\%$ ) =  $100 \cdot (\ln(N/(N-m)))/t$ , donde:  $\ln$ = logaritmo natural,  $N$ =Población total inicial de reclutas,  $m$ =árboles reclutas muertos naturalmente y  $t$ =tiempo en años.

Las variables silvícolas analizadas corresponden a los registros de la primera medición (1993/94)

## 8. CONCLUSIONES

1. La estructura de la vegetación después del aprovechamiento y el tratamiento de liberación se encuentra en un proceso de reposición. En el caso de la abundancia cuatro años después es aún 8% menor a los valores originales de 561.5 árboles/ha. Esto representa una pérdida absoluta de 44.73 individuos/ha. Los individuos menores a 20 cm de diámetro fueron los más afectados. Igualmente, el área basal, que originalmente era de 26.41 m<sup>2</sup>/ha, cuatro años después es aún 5.87% menor con 24.86 m<sup>2</sup>/ha, que corresponde a una pérdida absoluta de 1.55 m<sup>2</sup>/ha. Aunque leve, el aprovechamiento forestal tuvo un efecto significativo en la estructura original del bosque, donde la abundancia y el área basal mostraron diferencias entre las dos etapas.
2. La importancia ecológica relativa de cada especie, expresada en el índice de valor de importancia, no presenta cambios significativos debido al aprovechamiento y el tratamiento de liberación realizado. Agrupaciones específicas tampoco presentaron cambios significativos en su índice de valor de importancia, tal como las especies de interés para el manejo y especies y familias botánicas con mayor importancia ecológica.
3. Pocas especies alcanzan grandes dimensiones, ya que solamente el 55.7% del total de especies tienen individuos con un diámetro superior a 30 cm. Considerando un límite diamétrico de 60 cm, el número de especies se reduce a 17.5 % del total. Las especies con diámetros menores son las más afectadas por las actividades de manejo, ya que los cambios en la riqueza florística cuatro años después del aprovechamiento fueron mayores al considerar un diámetro mínimo de 10 cm, donde se tuvo una pérdida neta en el sitio de aprovechamiento de 5 especies, que corresponde al 5.15% del número inicial de especies.
4. Los cambios en la diversidad florística, para individuos con límite diamétrico de 10 cm, debido al aprovechamiento y el tratamiento de liberación no fueron significativos. Asimismo, los cambios en la comunidad vegetal (composición de especies  $\geq$  10 cm DAP) tampoco fueron significativos, donde el bosque aprovechado se aproxima en una alta proporción al bosque original no intervenido, con una similitud florística de 92%.
5. El tratamiento silvicultural aplicado no tuvo efectos en el incremento diamétrico de las especies comerciales liberadas, principalmente porque la eliminación de individuos no deseados fue menor a la esperada y donde una alta proporción de los individuos de interés mostraron copas con reducida exposición a la luz solar.

6. Las especies se diferencian apropiadamente según su velocidad de incremento diamétrico. Los grupos definidos, especies de crecimiento rápido, moderado, lento y muy lento difieren significativamente. La mediana y el tercer cuartil del incremento diamétrico fueron las variables que presentaron la mayor influencia para el agrupamiento. Otras agrupaciones realizadas no mostraron diferencias convincentes en el incremento diamétrico, a excepción de los gremios ecológicos.
7. La forma y exposición de copa de los árboles fueron las únicas variables silvícolas que presentaron una relación significativa con el incremento diamétrico. Es decir, que entre mejor sea la forma y la iluminación de la copa del individuo mayor será su incremento diamétrico. Aunque en menor proporción, la pendiente y la pedregosidad del terreno y el drenaje del suelo, también mostraron una relación significativa con el incremento diamétrico.
8. Las tasas anuales de reclutamiento y mortalidad natural de la vegetación superior a 10 cm de diámetro no fueron afectadas por el aprovechamiento y el tratamiento de liberación realizados. La mortalidad natural fue similar en todos los sitios independientemente de las actividades de cosecha, liberación o bosque no intervenido. Asimismo, la regeneración o reclutamiento de la vegetación con un límite diamétrico de 10 cm, no mostró diferencias debidas al aprovechamiento y liberación practicadas.
9. La mortalidad natural tiene una relación significativa con la forma de copa y la calidad de fuste del árbol. Entre más pobre sea la copa del árbol mayor será la mortalidad. Asimismo, individuos con fustes deformados, podridos o dañados tienen tasas de mortalidad superiores comparados con individuos de fustes rectos y sanos. El reclutamiento y la mortalidad no mostraron relación significativa con el drenaje, profundidad del suelo, pendiente y pedregosidad del terreno.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Es prioritario mantener y dar seguimiento al sitio experimental de Yarxché, ya que la información generada permite evaluar el efecto en el largo plazo de las actividades de manejo realizadas. Los resultados brindan información valiosa y constituyen un elemento fundamental para la consolidación del manejo forestal en la Reserva de la Biosfera Maya y el resto de la región.
2. Para la definición de las próximas cosechas al bosque ya intervenido, se debe considerar la recuperación de su estructura, principalmente la abundancia y el área basal, puesto que los resultados muestran que es necesario dar un período de tiempo prudencial para su reposición a los valores originales.
3. Aunque los resultados indican que la composición, diversidad y las tasas de mortalidad y reclutamiento de la vegetación no fueron significativamente afectadas por el aprovechamiento y el tratamiento de liberación desarrollado, es conveniente ser prudentes en la planificación y ejecución de las operaciones de manejo y en la definición de las intensidades de cosecha. Todo ello con el propósito de evitar y reducir el impacto en las comunidades vegetales intervenidas. Un seguimiento especial sería favorable para determinar las tendencias de la regeneración o reclutamiento natural en los sitios intervenidos.
4. Los tratamientos de liberación aplicados deben ser monitoreados sistemáticamente para registrar y controlar principalmente la efectividad de la eliminación de árboles y lianas que compiten con los individuos deseados, ya que con esto se persigue mejorar su exposición de copa y la reducción en la infestación de lianas. Resultados negativos se pueden obtener si no se observan estos aspectos después de la aplicación de los tratamientos silviculturales.
5. Es más conveniente agrupar las especies según sus características individuales de incremento diamétrico, que utilizar otros criterios, tal como los comerciales, ya que esto permite diferenciarlas de forma adecuada. Esto obviamente también puede estar ligado a objetivos específicos, sin embargo, con fines de manejo y proyección del potencial futuro del bosque debería ser indispensable.
6. Para seleccionar árboles remanentes con fines comerciales es importante considerar la calidad y forma de copa y el estado de exposición a la luz, porque son las variables silvícolas que más influyen en el incremento diamétrico. Adicionalmente, la calidad del fuste también se debe observar ya que junto con la forma de copa tienen una fuerte influencia en la mortalidad individual.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. Analytical Software, US. 1996. Statistix, versión 1.0. US. 1 disquete HD. 3 ½ pulgadas.
2. Arevalo, M. 1997. Caracterización de la producción de maíz bajo el sistema de agricultura migratoria en el área de usos múltiples de San Miguel La Palotada, San Andrés, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 117 p.
3. Camacho, M. 2000. Aspectos conceptuales sobre el crecimiento de árboles y rodales. *In* Curso parcelas permanentes de muestreo en bosques naturales tropicales (1., 2000, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 9 p.
4. Camacho, M; Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: dinámica de la estructura y el crecimiento diamétrico, con énfasis en el rodal comercial. *In* Curso intensivo internacional de silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales (9., 1997, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 15 p.
5. CATIE, GT. 1993. Plan de manejo forestal de la unidad de manejo San Miguel La Palotada, San Andrés, Petén, Guatemala. Guatemala. 79 p.
6. CATIE, GT. 2000. Plan de manejo forestal diversificado concesión comunitaria de San Miguel la Palotada, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE-OLAFO-CONAP. 82 p.
7. Clark, D; Clark, D. 1987. Análisis de la regeneración de árboles del dosel en bosque muy húmedo tropical: aspectos teóricos y prácticos. *Revista Biología Tropical* (Supl.1):41-54.
8. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 1996. Plan maestro de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE-USAID. 39 p. (Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala, Publicación no. 2).
9. Cruz, J. R. De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 49 p.
10. Delgado, D. *et al.* 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. Costa Rica. 43 p.
11. Díaz, J. 1995. Caracterización de la iluminación de micrositos de regeneración de 14 especies arbóreas en un bosque húmedo intervenido en Costa Rica, y el efecto de la intervención sobre la abundancia de la regeneración natural. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 94 p.
12. Dykstra, D; Heinrich, R. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Roma, Italia. 85 p.
13. Finegan, B. 1997. Bases ecológicas para el manejo. *In* Curso intensivo internacional de silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales (9., 1997, Costa Rica). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 110 p.
14. Gálvez, J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 163 p.

15. Girón, E. 1998. Sistematización del comportamiento de la metodología en el contexto de la investigación forestal (criterios, métodos e instrumentos) Yarxché-1, en San Miguel La Palotada, San Andrés, Petén. Guatemala, CATIE- OLAFO. 48 p.
16. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). Datos Meteorológicos de la estación Flores, Flores, Petén. Años 1973 a 1997. Guatemala. Sin publicar.
17. Hubell, S; Foster, R. 1987. La estructura espacial en gran escala de un bosque neotropical. *Revista Biología Tropical* 35(Supl. 1):7-22.
18. Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 365 p.
19. Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Antonio Carrillo. Eschborn, República Federal de Alemania, Instituto de Silvicultura de la Universidad de Gottingen. Cooperación Técnica. 335 p.
20. Louman B; *et al.* 2001. Informe de avances en el monitoreo de la dinámica del bosque en Petén, Guatemala. Guatemala, CONAP-CATIE. 27 p.
21. Manzanero, M. 1998. Evaluación de los efectos causados por el aprovechamiento forestal en un bosque de la concesión forestal, Carmelita, San Andrés, Petén. Guatemala, USAC, CUNOROC (Centro Universitario de Nor-Occidente). 104 p.
22. Marmillod, D; Gálvez, J. 1998. Evaluación del aprovechamiento maderero en Bayal. *Tikalía* 16(1):55-78.
23. Matteucci, S; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington, DC, US, OEA. 168 p
24. Mejía, C. 1994. Análisis del efecto inicial de un tratamiento de liberación, sobre la regeneración establecida en un bosque húmedo tropical aprovechado en Río San Juan, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 79 p.
25. Morales, J. 1995. Evaluación de daños causados por un aprovechamiento forestal selectivo en el bosque de la cooperativa Bethel, La Libertad, Petén. *Investigación Inferencial EPSA*. Guatemala, USAC. 58 p.
26. Peralta, R; *et al.* 1987. Reseña de estudios a largo plazo sobre composición florística y dinámica del bosque tropical en La Selva, Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 45(Supl.1):23-89.
27. Pinelo, G. 1997. Dinámica del bosque petenero: avances de investigación en Petén, Guatemala. Guatemala, CATIE-CONAP-USAID. 48 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 296; Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Publicación no. 7).
28. Putz, F; Romero, C. 1997. Una breve introducción al diseño experimental y a la estadística. *In Seminario internacional de capacitación en investigación sobre aprovechamiento forestal de impacto reducido y manejo de bosques naturales*. Santa Cruz, Bolivia, BOLFOR-CIFOR-FAO-USAID. p. 123-149.
29. 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, CATIE-UCR. 221 p.

30. Reyes, R. 1997. Las concesiones forestales comunitarias, su futuro y estrategias. *In* Seminario Taller: los bosques de Petén, recurso estratégico para el desarrollo sostenible de Guatemala. Flores, Petén, CATIE. p. 28-40.
31. Saravia, H. 1995. Estado de la población arbórea y del área forestal afectada después de un aprovechamiento forestal tradicional vrs. un aprovechamiento mejorado en un bosque húmedo de la región Huetar Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 125 p.
32. SAS (Statistical Analysis System, US). 1996. JMP, versión 3.1.6. US. 10 disquetes HD. 3 ½ pulgadas.
33. Siteo, A. 1992. Crecimiento diamétrico de especies maderables en un bosque húmedo tropical bajo diferentes intensidades de intervención. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 118 p.
34. Spiegel, M. 1991. Estadística. Trad. Rafael Hernández. 2 ed. México, McGraw-Hill. 556 p.
35. Vázquez, C; Orozco, A. 1987. Fisiología ecológica de semillas en la estación de biología tropical "Los Tuxtles", Veracruz, México. *Revista Biología Tropical* 35(Supl. 1):85-96.



Rolando Barrios.

# APENDICES

**Cuadro 1A: Índice de valor de importancia (IVI%= abundancia relativa + dominancia relativa) por especie antes y después del aprovechamiento, años 1993/94 y 1998, respectivamente**

No	Nombre común	Especie	Familia	Grupo comercial			Pre y Post aprovechamiento	
				Inicial	actual	Gremio	M% PRE	M% POST
1	Abalo	<i>Sideroxylon obtusifolium subsp. buxifolium.</i>	Sapotaceae	Ter	SNVAL	?	0.00	0.02
2	Aceituno	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	SsinU	SNVAL	?	0.74	0.83
3	Aceituno peludo	<i>Hirtella americana</i> L.	Chrysobalanaceae	SsinU	SNVAL	?	0.29	0.29
4	Achiotillo	<i>Bernardia interrupta</i> (Schl.) Muell. Arg.	Euphorbiaceae	Ter	SNVAL	?	0.18	0.12
5	Amapola	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (HBK) Dugan	Bombaceae	SoonU	POTCOM	HD	0.76	0.57
6	Amate	<i>Ficus involuta</i>	Moraceae	SsinU	POTCOM	EP	4.31	4.95
7	Anona de montaña	<i>Cymbopetalum squamosa</i> L.	Anonaceae	Ter	SNVAL	HD	0.42	0.33
8	Baquelac	<i>Casearia nitida</i> (L.) Jacq.	Flacourtiaceae	Ter	SNVAL	?	0.05	0.06
9	Baqueman	?	?	Ter	SNVAL	?	0.04	0.04
10	Botán	<i>Sabal</i> spp.	Palmae	PnoM	AAANOM	EP	5.17	5.25
11	Campac	<i>Belotia campbellii</i> Sprague	Tiliaceae	Ter	SNVAL	?	0.02	0.00
12	Canisté	<i>Pouteria campechiana</i> (HBK) Baehmi	Sapotaceae	SsinU	SNVAL	HD	5.45	5.84
13	Canté	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Leguminosae	SsinU	SNVAL	?	0.11	0.12
14	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Meliaceae	PM	AAACOM	HD	1.99	0.48
15	Catalox	<i>Swartzia lundellii</i> Standl.	Leguminosae	Ter	SNVAL	?	0.12	0.17
16	Cedrillo	<i>Guarea tonduzzi</i>	Meliaceae	SsinU	SNVAL	HD	0.48	0.46
17	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> Roem.	Meliaceae	PM	AAACOM	HD	0.57	0.48
18	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaerth.	Bombaceae	SsinU	SNVAL	HD	0.03	0.03
19	Ceibillo	<i>Ceiba aescutifolia</i> (HBK) Britt. & Baker.	Bombaceae	SsinU	SNVAL	?	0.09	0.08
20	Chacaj colorado	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	SsinU	SNVAL	HD	1.24	1.28
21	Chacaj negro	<i>Bursera</i> sp.	Burseraceae	SsinU	SNVAL	?	0.02	0.03
22	Chechén blanco	<i>Sebastiania longicuspis</i> Standl.	Euphorbiaceae	SsinU	SNVAL	HD	9.34	8.06
23	Chechén negro	<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban.	Anacardiaceae	SsinU	POTCOM	HD	0.16	0.20
24	Chico zapote	<i>Manilkara zapota</i> (L.) van Royen	Sapotaceae	PnoM	AAANOM	EP	3.75	3.99
25	Chile malache	<i>Trichilia havenensis</i> Jacq.	Meliaceae	Ter	SNVAL	?	0.34	0.35
26	Chilonché	<i>Eugenia capuli</i> (Schl. & Cham.) Berg.	Mirtaceae	Ter	SNVAL	?	0.35	0.37
27	Chintoc blanco	<i>Wimmeria concolor</i> Schl. & Cham.	Celastraceae	SsinU	SNVAL	?	0.95	0.90
28	Chintoc negro	<i>Krugiodendron ferreum</i> (Vahl) Urban.	Rhamnaceae	SsinU	SNVAL	?	0.09	0.12
29	Chonté	<i>Cupania macrophylla</i> A. Rich	Sapindaceae	Ter	SNVAL	?	0.46	0.55
30	Chununté	?	?	Ter	SNVAL	?	0.19	0.28
31	Chunup matapalo	<i>Ficus</i> spp.	Moraceae	Ter	SNVAL	EP	0.02	0.03
32	Cojón de caballo	<i>Stemmadenia donnel-smithii</i> (Rose) W.	Apocynaceae	SsinU	SNVAL	?	0.60	0.61
33	Copal	<i>Protium copal</i> (Schl. & Cham.) Engl.	Burseraceae	Ter	SNVAL	EP	0.78	0.89
34	Copo	<i>Coussapoa oligocephala</i> Donn. Sm.	Moraceae	Ter	SNVAL	?	0.08	0.09
35	Desconocido	?	?	Ter	SNVAL	?	0.09	0.08
36	Ektic	?	?	SsinU	SNVAL	?	0.66	0.65
37	Frente de toro	?	?	Ter	SNVAL	?	0.62	0.74
38	Gesmo	<i>Lysiloma</i> sp.	Leguminosae	SsinU	SNVAL	HD	0.52	0.48
39	Guarumo	<i>Cecropia</i> spp.	Moraceae	Ter	SNVAL	HE	0.22	0.00
40	Ixcajaquay	<i>Cestrum racemosum</i> Ruiz & Pavon	Solanaceae	Ter	SNVAL	?	0.27	0.19
41	Jabín	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. Gard. & For.	Leguminosae	SsinU	SNVAL	HD	0.29	0.32
42	Jaboncillo	<i>Sacindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Ter	SNVAL	?	0.07	0.10
43	Jobillo	<i>Astronium graveolens</i> (Jacq.) Griseb.	Leguminosae	SoonU	ACTCOM	?	0.26	0.29
44	Jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	SsinU	SNVAL	HD	5.91	5.91
45	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Boraginaceae	Ter	SNVAL	HD	0.05	0.00
46	Laurel negro	?	?	Ter	SNVAL	?	0.12	0.15
47	Luin hembra	<i>Ampelocera hottlei</i> Standl.	Ulmaceae	SsinU	SNVAL	HD	0.65	0.70
48	Macuiz	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) D.C.	Bignoniaceae	SsinU	SNVAL	?	0.16	0.17
49	Malerio blanco	<i>Aspidosperma stegomeres</i>	Apocynaceae	SoonU	SNVAL	EP	0.40	0.34
50	Malerio colorado	<i>Aspidosperma megalocarpon</i> Muell. Arg.	Apocynaceae	SoonU	ACTCOM	EP	2.31	2.16
51	Manax	<i>Pseudolmedia spuria</i> (Sw.) Griseb.	Moraceae	SsinU	SNVAL	EP	5.35	5.40
52	Manchiche	<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standl.	Leguminosae	SoonU	ACTCOM	EP	0.15	0.23
53	Mano de león	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Ocn. & Planch.	Araliaceae	SsinU	POTCOM	?	0.65	0.63
54	Mata palo	<i>Ficus</i> spp.	Moraceae	Ter	SNVAL	EP	0.07	0.08
55	Molinillo	<i>Quararibea fieldii</i> Millsp.	Bombaceae	Ter	SNVAL	?	0.03	0.03
56	Mora	?	?	Ter	SNVAL	?	0.07	0.08
57	Naranjillo	<i>Zanthoxylum elephantiasis</i> Macead.	Rutaceae	SsinU	SNVAL	?	0.80	0.96
58	Oc chuul	?	?	Ter	SNVAL	?	0.09	0.12
59	Ocbat	<i>Pithecellobium tonduzzi</i> (Bar.) Standl.	Leguminosae	Ter	SNVAL	?	0.06	0.08

## ... Continuación Cuadro 1A

No.	Nombre comun	Especie	Familia	Grupo comercial		Gremio	Pre y Post aprovechamiento	
				Inicial	actual		IV% PRE	IV% POST
60	Ocumal	?	?	Ter	SNVAL	?	0.02	0.02
61	Palo blanco	<i>Rosededron donnell-smithii</i> Rose	Bignoniaceae	Ter	SNVAL	?	0.02	0.00
62	Palo de chombo	?	?	Ter	SNVAL	?	0.12	0.11
63	Palo de hueso	<i>Celtis trinervia</i> Lam.	Ulmaceae	Ter	SNVAL	?	0.15	0.16
64	Palo de pito	<i>Erythrina americana</i> Mill.	Leguminosae	Ter	SNVAL	?	0.02	0.02
65	Palo de gusano	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	Leguminosae	SsinU	SNVAL	?	0.35	0.37
66	Papaturro blanco	<i>Coccoloba</i> spp.	Polygonaceae	Ter	SNVAL	?	0.03	0.00
67	Pasaque hembra	<i>Simarouba glauca</i> DC.	Simaroubaceae	SsinU	SNVAL	EP	0.45	0.44
68	Pimienta	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merrill	Mirtaceae	PnoM	AAANOM	EP	0.41	0.45
69	Piñón	<i>Jathropa curcas</i> L.	Euphorbiaceae	Ter	SNVAL	?	0.02	0.02
70	Quina	<i>Quina schippii</i> Standl.	Quinaceae	SsinU	SNVAL	?	0.18	0.11
71	Quisainché	?	?	Ter	SNVAL	?	0.05	0.05
72	Ramón blanco	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz.	Moraceae	SsinU	SNVAL	EP	0.11	0.06
73	Ramón colorado	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Moraceae	SsinU	SNVAL	EP	0.22	0.31
74	Ramón oreja de mico	<i>Brosimum costaricanum</i> Liebm.	Moraceae	SsinU	SNVAL	EP	6.28	6.88
75	Roble	<i>Bourreria oxypylla</i> Standl.	Boraginaceae	SsinU	SNVAL	?	0.17	0.22
76	Sacalante aguacatillo	<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae	Ter	SNVAL	?	0.61	0.43
77	Sacuayum	<i>Matayba oppositifolia</i> (A. Rich.) Britt.	Sapindaceae	SsinU	SNVAL	?	0.09	0.10
78	Sacuché	<i>Rehdera penninervia</i> Standl. & Moldenke	Verbenaceae	Ter	SNVAL	?	0.81	0.89
79	Saltemuche	<i>Sickinia salvadorensis</i> (Standl.) Standl.	Rubiaceae	SsinU	SNVAL	?	0.06	0.07
80	Santa maria	<i>Calophyllum brasiliense</i> (Camb.) Standl.	Clusiaceae	SsinU	ACTCOM	EP	0.73	0.36
81	Silión	<i>Pouteria amygdalina</i> (Standl.) Baehmi	Sapotaceae	SsinU	SNVAL	EP	4.51	4.94
82	Siquiyá	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brand & Standl.	Sapotaceae	Ter	SNVAL	?	0.07	0.08
83	Son	<i>Alseis yucatanensis</i> Standl.	Rubiaceae	SsinU	SNVAL	HD	1.69	1.84
84	Sosni	<i>Nectandra coriacea</i> (Swartz) Grisebach	Lauraceae	SsinU	SNVAL	EP	0.41	0.40
85	Subín colorado	<i>Acacia dollichostachya</i>	Leguminosae	SsinU	SNVAL	HD	1.34	1.27
86	Tal negro	?	?	Ter	SNVAL	?	0.06	0.00
87	Tamay	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britt. & Millsp.	Flacourtiaceae	SsinU	SNVAL	?	0.18	0.20
88	Tempisque	<i>Sideroxylon mayana</i> Standl.	Sapotaceae	SsinU	SNVAL	HD	1.04	0.90
89	Testap	<i>Guettarda combisii</i> Urban	Rubiaceae	SsinU	SNVAL	?	0.02	0.02
90	Tzalam	<i>Lysiloma bahamensis</i> Benth.	Leguminosae	Ter	SNVAL	HD	0.33	0.27
91	Tzol	<i>Blomia prisca</i>	Sapindaceae	SsinU	SNVAL	?	2.44	2.52
92	Vitz	<i>Inga leptoloba</i> Schlecht.	Leguminosae	Ter	SNVAL	?	0.12	0.07
93	Yaxnic	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Verbenaceae	SsinU	POTCOM	HD	3.53	4.11
94	Yaxochoc	?	?	Ter	SNVAL	?	0.06	0.02
95	Yaya	<i>Malmea depressa</i> (Baill.) Fries	Anonaceae	Ter	SNVAL	?	0.16	0.18
96	Yaya sufrica	<i>Rollinia microsepala</i> Standley	Anonaceae	Ter	SNVAL	?	0.60	0.73
97	Zapotillo	<i>Pouteria durlandii</i> (Standl.) Baehmi	Sapotaceae	SsinU	SNVAL	EP	13.42	13.61
TOTAL							100	100



Cuadro 3A: Clase diamétrica de la abundancia (ind/ha) post-aprovechamiento, 1998

Nombre común	CLASE DE DIAMETRO (cm)										TOTAL	
	10.20	20.30	30.40	40.50	50.60	60.70	70.80	80.90	90.100	> 100		
<b>Comercial</b>												
Cañahuate	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0	1.14
Cedro	0.57	0.36	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0.19	1.38
Subtotal	0.76	0.57	0.38	0.38	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0	2.47
<b>Reserva</b>												
Buho	22.04	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.04
Chico zapote	6.14	4.19	2.09	2.09	1.14	0.36	0.19	0	0	0	0	15.22
Pirmitilla	1.33	0.76	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	2.47
Subtotal	33.51	12.95	2.47	2.09	1.14	0.36	0.19	0	0	0	0	52.73
<b>Reserva Especial</b>												
Amacul	0.76	0.67	0	0	0	0.19	0	0	0.19	0	0	1.71
Jibillo	0.76	0.36	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	1.52
Scon	0.57	0.19	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	1.52
Malero blanco	0.57	0.19	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	1.52
Malero colorado	9.9	3.04	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	13.88
Manchiche	0.57	0.19	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	1.14
Santa maria	0.57	0.19	0.19	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	1.33
Subtotal	13.13	4.56	2.09	2.09	0.19	0.19	0	0.19	0	0	0	21.11
<b>Reserva Especial</b>												
Acahuatl	2.47	1.14	0.76	0.19	0	0	0	0	0	0	0	4.56
Acetuno molido	0.76	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.71
Arma	3.42	2.26	1.52	1.71	0.57	0.57	0.76	0.57	0.19	0	0	11.78
Cantefé	19.04	7.8	3.81	1.52	0.19	0.19	0	0	0	0	0	32.36
Cantefé	0.19	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57
Cedro	3.04	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.42
Cedro	0.57	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57
Cepillo	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57
Chacal colorado	3.42	2.47	0.76	0.36	0	0	0	0	0	0	0	7.03
Chacal negro	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Chachón blanco	20.76	13.71	7.23	1.9	0	0	0	0	0	0	0	43.6
Chachón negro	0.76	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.33
Chontoc blanco	3.42	1.71	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	5.7
Chontoc negro	0.36	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76
Cedón de caballo	4.19	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.57
Elvico	1.71	0.95	0.57	0.19	0	0	0	0	0	0	0	3.42
Giesmo	1.52	0.76	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	2.66
Jabón	0.76	0.36	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	1.52
Jopu	8.95	9.14	6.85	1.9	0.36	0	0	0	0	0	0	27.22
Lun hembra	2.86	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.18
Marcúz	0	0	0	0	0	0	0.19	0	0	0	0	0.19
Manax	21.52	8.36	3.42	0.19	0	0	0	0	0	0	0	33.51
Mano de León	0.57	0.57	0.19	0.95	0	0	0	0	0	0	0	2.26
Naranjillo	6.14	1.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.66
Palo guasano	1.33	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.69
Passajue hembra	2.26	0	0	0.36	0	0	0	0	0	0	0	2.66
Quina	0.57	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76
Ramón blanco	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Ramón colorado	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Ramón oreja de mico	2.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.47
Roble	9.9	3.8	3.04	3.8	1.52	0.95	0	0.36	0	0.19	0.36	23.68
Sacayum	0.36	0.19	0	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0.95
Sacayum	0	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Saltamucho	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57
Sibón	11.04	5.71	4.36	0.95	0.57	0.36	0.19	0	0	0	0	23.22
Son	6.47	3.23	0.76	0.36	0	0	0	0	0	0	0	10.84
Sonol	1.33	0.19	0.36	0	0.19	0	0	0	0	0	0	2.09
Subo colorado	9.33	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.9
Tamay	0.36	0	0	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0.76
Temacajue	3.23	0.19	0.76	0.19	0	0	0.19	0	0	0	0	4.56
Testap	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Tzol	6.47	4.95	1.52	0.76	0	0	0	0	0	0	0	13.7
Yaxnic	5.14	2.86	1.52	0.57	0	0	0.19	0.36	0	0.19	0.36	11.6
Zapotillo	64.86	16.76	8.19	2.26	0	0	0	0	0	0	0	82.27
Subtotal	221.56	94.19	47.74	19.38	3.61	2.28	1.71	1.33	0.76	0.38	0.76	392.94
<b>Reserva Especial</b>												
Abalo	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Achizillo	0.76	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95
Arona de montana	2.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.86
Baquilec	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Baqueman	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Caralox	0.36	0	0	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0.57
Chi e malache	2.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.66
Chilonché	2.47	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.86
Choná	4.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.38
Chumuré	1.33	0.36	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9
Chunup malajero	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Copaj	4.76	1.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.28
Copo	0.19	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Copo	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57
Desconocido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fronda de toro	0	0	0	0.36	0	0	0.19	0	0	0.19	0	0.76
Ixcagray	1.33	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.52
Jaboncillo	0.76	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.76
Laurel negro	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Mata palo	0	0	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Mobillo	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Mora	0	0	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Oc chuul	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95
Ochbal	0.19	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Orzamal	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Palo de chombo	0.19	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57
Palo de hueso	1.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.33
Palo de pino	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Pinón	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.19
Qui senché	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Sacalote auacalillo	0.76	0.57	0.76	0	0	0	0	0	0	0	0	2.86
Saculá	2.09	0.95	0	0.36	0	0	0	0	0	0	0	3.8
Stacyá	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57
Tzalam	0.76	0.19	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	1.33
VIZ	0.19	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Yaschoc	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36
Yasa	0.57	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.14
Yera auacay	0.95	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.14
Subtotal	39.74	7.6	1.9	1.33	0.19	0.38	0.19	0	0	0.19	0	47.94
<b>Todas las especies</b>	304.7	119.87	64.58	23.76	5.92	3.42	2.09	1.71	0.38	0.96	0.96	516.77
<b>Porcentaje</b>	66.96	23.20	10.56	4.80	1.03	0.66	0.40	0.33	0.07	0.18	0.18	100.00



Cuadro 5A: Distribución diamétrica del área basal (m<sup>2</sup>/ha) post-aprovechamiento, 1998

Nombre común	grupo comercial	CLASE DE DIAMETRO (cm)										TOTAL
		10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	> 100	
Castaño	FM	0.004	0.009	0.014	0.031	0.053	0.072	0	0	0	0	0.162
Centro	FM	0.01	0.022	0.022	0	0	0	0	0	0	0.12	0
Subtotal		0.014	0.031	0.036	0.031	0.053	0.072	0	0	0	0.12	0.156
Botón	Pop.	0.537	0.254	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chico zapate	Pop.	0.189	0.189	0.182	0.316	0.264	0.117	0.092	0	0	0	1.262
Pimentel	Pop.	0.023	0.041	0	0	0	0	0	0	0	0	0.102
Subtotal		0.763	0.52	0.223	0.316	0.264	0.117	0.092	0	0	0	2.285
Amoleja	Sco.U	0.016	0.031	0	0	0	0.055	0	0	0.098	0	0.2
Jabillo	Sco.U	0.01	0.013	0.017	0.026	0	0	0	0	0	0	0.069
Madero blanco	Sco.U	0.007	0.006	0.006	0.024	0	0	0	0	0	0	0.039
Madero colorado	Sco.U	0.161	0.151	0.196	0	0	0	0	0	0	0	0.407
Mancha	Sco.U	0.006	0.006	0.007	0.027	0	0	0	0	0	0	0.06
Santa maria	Sco.U	0.009	0.009	0.022	0.043	0	0	0	0	0	0	0.115
Subtotal		0.208	0.216	0.211	0.043	0.043	0.055	0	0.098	0	0	0.947
Acacituno	Sai.U	0.037	0.044	0.07	0.032	0	0	0	0	0	0	0.193
Acacituno feudo	Sai.U	0.013	0.047	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06
Amata	Sai.U	0.062	0.113	0.136	0.282	0.141	0.185	0.348	0.33	0.141	0.159	1.86
Camisá	Sai.U	0.312	0.367	0.336	0.233	0.039	0.062	0	0	0	0	1.364
Camé	Sai.U	0.004	0.007	0.023	0	0	0	0	0	0	0	0.034
Cedillo	Sai.U	0.046	0.016	0	0	0	0	0	0	0	0	0.062
Ceiba	Sai.U	0.009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.009
Cebillo	Sai.U	0.009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.009
Chacal colorado	Sai.U	0.064	0.117	0.086	0.051	0	0	0	0	0	0	0.298
Chacal negro	Sai.U	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004
Chachán blanco	Sai.U	0.345	0.655	0.651	0.765	0	0	0	0	0	0	1.915
Chachán negro	Sai.U	0.014	0.022	0	0	0	0	0	0	0	0	0.036
Chintoc blanco	Sai.U	0.064	0.065	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0.17
Chintoc negro	Sai.U	0.063	0.019	0	0	0	0	0	0	0	0	0.073
Colón de caballo	Sai.U	0.03	0.05	0.052	0.027	0	0	0	0	0	0	0.182
Ekic	Sai.U	0.022	0.043	0.015	0.029	0	0	0	0	0	0	0.109
Gesmo	Sai.U	0.011	0.021	0.018	0.052	0	0	0	0	0	0	0.095
Jabin	Sai.U	0.186	0.435	0.425	0.268	0.091	0	0	0	0	0	1.332
Lun hembra	Sai.U	0.046	0.063	0	0	0	0	0.076	0	0	0	0.148
Macuzil	Sai.U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.079
Manax	Sai.U	0.364	0.367	0.318	0.026	0	0	0	0	0	0	1.073
Mano de León	Sai.U	0.006	0.022	0.018	0.152	0	0	0	0	0	0	0.202
Naranjillo	Sai.U	0.093	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0.093
Palo usano	Sai.U	0.021	0.018	0.042	0	0	0	0	0	0	0	0.106
Pasasue hembra	Sai.U	0.036	0	0	0.055	0	0	0	0	0	0	0.091
Quina	Sai.U	0.009	0.009	0	0	0	0	0	0	0	0	0.018
Ramón blanco	Sai.U	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001
Ramón colorado	Sai.U	0.034	0.178	0.282	0.603	0.26	0.207	0	0.202	0	0	2.292
Ramón orja de mico	Sai.U	0.165	0.007	0	0.051	0	0	0	0	0	0	0.215
Roble	Sai.U	0.004	0.01	0.018	0	0	0	0	0	0	0	0.032
Sacua ym	Sai.U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001
Salmuche	Sai.U	0.007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.008
Silón	Sai.U	0.165	0.273	0.381	0.155	0.129	0.122	0.075	0	0	0	1.341
Son	Sai.U	0.11	0.157	0.076	0.062	0	0	0	0	0	0	0.395
Sonol	Sai.U	0.019	0.007	0.03	0	0.04	0	0	0	0	0	0.087
Subín colorado	Sai.U	0.134	0.019	0	0	0	0	0	0	0	0	0.153
Tamañá	Sai.U	0.007	0	0	0.067	0	0	0.074	0	0	0	0.144
Ternis que	Sai.U	0.048	0.012	0.066	0.026	0	0	0	0	0	0	0.222
Testap	Sai.U	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002
Tzol	Sai.U	0.111	0.222	0.143	0.119	0	0	0	0	0	0	0.514
Yanic	Sai.U	0.088	0.127	0.139	0.086	0	0.054	0.171	0.223	0.126	0.455	1.084
Zapatillo	Sai.U	0.888	0.795	0.730	0.264	0.045	0	0	0	0	0	3.822
Subtotal		3.649	4.403	4.371	2.977	0.897	0.733	0.743	0.755	0.276	0.84	19.599
Abalo	Ter.	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001
Achitillo	Ter.	0.009	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0.014
Anona de montaña	Ter.	0.034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.034
Bauelac	Ter.	0.003	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	0.011
Basquiman	Ter.	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004
Cataox	Ter.	0.004	0	0	0	0.061	0	0	0	0	0	0.069
Chile malaicha	Ter.	0.045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.045
Chionché	Ter.	0.031	0.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0.045
Chonté	Ter.	0.054	0.006	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06
Chumunté	Ter.	0.016	0.014	0.015	0	0	0	0	0	0	0	0.045
Chunup malagaño	Ter.	0.007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007
Coral	Ter.	0.079	0.062	0	0	0	0	0	0	0	0	0.141
Coro	Ter.	0.004	0.023	0	0	0	0	0	0	0	0	0.027
Desconocido	Ter.	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
Fronte de loro	Ter.	0.016	0.006	0	0.057	0	0	0.085	0	0	0.107	0.269
Icaacauay	Ter.	0.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.024
Jaborcillo	Ter.	0.004	0.026	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
Laurel negro	Ter.	0.004	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0.03
Mara palo	Ter.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005
Moñillo	Ter.	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005
Mora	Ter.	0	0	0	0.029	0	0	0	0	0	0	0.015
Oc chui	Ter.	0.015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
Ocat	Ter.	0.001	0	0.019	0	0	0	0	0	0	0	0.001
Ocumal	Ter.	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001
Palo de chombo	Ter.	0.001	0.01	0.013	0	0	0	0	0	0	0	0.024
Palo de huso	Ter.	0.014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.014
Palo de pito	Ter.	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002
Prídon	Ter.	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002
Quilancché	Ter.	0.001	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007
Sacalente a sacalito	Ter.	0.014	0.025	0.075	0	0	0	0	0	0	0	0.114
Sacuché	Ter.	0.033	0.043	0	0.064	0	0.119	0	0	0	0	0.259
Singra	Ter.	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
Talarn	Ter.	0.015	0.01	0.019	0.027	0	0	0	0	0	0	0.071
Yacacroc	Ter.	0.005	0.009	0	0	0	0	0	0	0	0	0.014
Yara	Ter.	0.02	0.027	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04
Yara sulficar	Ter.	0.055	0.039	0.071	0	0	0	0	0	0	0	0.126
Subtotal		0.521	0.319	0.195	0.207	0.051	0.119	0.005	0	0	0.107	1.673
Todas las especies		5.155	5.407	5.931	3.937	1.269	1.096	0.91	0.91	0.276	1.027	24.86
Porcentaje		20.74	22.07	20.24	14.63	5.10	4.41	3.66	3.91	1.11	4.13	100.00

**Cuadro 6A: Incremento del número de especies por área según tres clases de diámetro antes y después del aprovechamiento. Período 1993/94 a 1998**

Hectáreas	ANTES DEL APROVECHAMIENTO						DESPUES DEL APROVECHAMIENTO					
	≥ 10 cm		≥ 30 cm		≥ 60 cm		≥ 10 cm		≥ 30 cm		≥ 60 cm	
	# especies	por ciento	# especies	por ciento	# especies	por ciento	# especies	por ciento	# especies	por ciento	# especies	por ciento
0.50	51.80	53	19.40	36	4.60	27	50.80	55	20.50	40	4.60	33
1.00	68.20	70	27.40	51	7.30	43	64.90	71	28.50	56	6.80	49
1.50	75.80	78	33.70	62	9.60	56	72.20	78	33.60	66	8.50	61
2.00	81.70	84	37.50	69	11.50	68	77.10	84	37.20	73	9.10	65
2.50	85.90	89	42.00	78	12.70	75	81.50	89	40.80	80	9.90	71
3.00	88.70	91	45.70	85	13.80	81	83.80	91	43.20	85	10.90	78
3.50	91.10	94	47.90	89	14.70	86	85.70	93	45.30	89	11.40	81
4.00	92.90	96	50.20	93	15.50	91	87.80	95	46.70	92	12.20	87
4.50	94.50	97	51.50	95	16.10	95	90.20	98	48.10	94	13.10	94
5.00	96.20	99	53.10	98	16.90	99	91.00	99	50.20	98	13.90	99
5.25	97.00	100	54.00	100	17.00	100	92.00	100	51.00	100	14.00	100



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

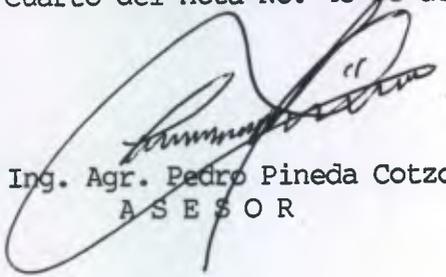
DOCUMENTO DE GRADUACION: "EFECTO DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL MADERABLE EN LA ESTRUCTURA COMPOSICION Y DINAMICA DEL BOSQUE NATURAL EN SAN MIGUEL, SAN ANDRES, PETEN, GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JULIO CESAR MORALES CANCINO

CARNE 8917158

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Mario Alberto Méndez Muñoz  
Ing. Agr. Pedro Pineda Cotzoyaj

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, enmarcado en el "PROGRAMA EXTRAORDINARIO PARA LA REALIZACION DE TESIS DE GRADO PARA LA CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO", Aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Agronomía según el Punto Cuarto del Acta No. 43-98 de sesión celebrada el 17 de septiembre de 1998.

  
Ing. Agr. Pedro Pineda Cotzoyaj  
A S E S O R

  
Dr. David Monterroso de la Tierra  
DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel  
DECANO EN FUNCIONES



cc:Control Académico  
Archivo  
DM/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.  
TEL/FAX (502) 476-9794

e-mail: [lusac.edu.gt](mailto:lusac.edu.gt) & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>

