



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



**ESTRUCTURA POBLACIONAL Y EFECTOS DE TRATAMIENTOS
SILVICULTURALES EN LA TASA DE CRECIMIENTO DE
ESPECIES COMERCIALES EN UN BOSQUE AMAZÓNICO
DE BOLIVIA.**

TRABAJO DIRIGIDO PARA OBTENER
EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

ALFREDO ALARCÓN JIMÉNEZ

COCHABAMBA – BOLIVIA
2007



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



ESTRUCTURA POBLACIONAL Y EFECTOS DE
TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN LA
TASA DE CRECIMIENTO DE ESPECIES
COMERCIALES EN UN BOSQUE
AMAZÓNICO DE BOLIVIA

TRABAJO DIRIGIDO



ALFREDO ALARCON JIMENEZ



Asesor : Ph.D. Marielos Peña Claros
 : Ph.D. Bonifacio Mostacedo Calatayud
Tutor : Ing. M.Sc. Edwards Sanzetenea Terceros

COCHABAMBA – BOLIVIA
2007

HOJA DE APROBACION

DOCUMENTO DE TRABAJO DIRIGIDO APROBADO POR EL SIGUIENTE
TRIBUNAL:

Lic. MSc. Marisol Toledo de Vroomans
TRIBUNAL

Lic. Ely Zulma Villegas Gomez
TRIBUNAL

Ing. Agr. Ruth Lopez Cruz
TRIBUNAL

V°B° Ing. MSc. Mario Escalier Hinojosa.
DIRECTOR ESFOR

V°B° Ing. MSc. Juan Villarroel Soliz
DECANO FCAP “Martín Cárdenas”

DEDICATORIA

A Dios por haber iluminado mi camino, a mi padre: señor Luís Alarcón y a mi madre señora Bertha Jiménez por darme la vida, a mi amada esposa Leny Bustamante que me apoyó en los momentos difíciles, a mis queridos hermanos que siempre estuvieron pendientes de mi, a todos mis sobrinos por el cariño y a todos mis tíos y primos.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos al comité de tesis conformado por el Dr. Bonifacio Mostacedo, a la Dra. Marielos Peña y al Ing. MSc. Edwards Sanzetenea, por sus sabios consejos, su guía y ayuda profesional en cada etapa de la investigación y sobre todo por su buena voluntad al ayudarme a concluir el presente trabajo.

Agradezco a la Lic. Marisol Toledo, a la Lic. Zulma Villegas e Ing. Ruth Lopez por sus recomendaciones y correcciones. A Yuri Bustamante por su apoyo incondicional en la elaboración del presente documento y a todas las personas que contribuyeron directa e indirectamente en la realización de la presente investigación.

Al Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) por el apoyo en el trabajo de campo en las parcelas permanentes experimentales por haberme permitido utilizar los tados de campo y por la confianza depositada en mi persona. A la Universidad Mayor de San Simón y a la Escuela de Ciencias Forestales por la formación académica impartida. Finalmente agradezco a la Concesión Forestal SAGUSA S.R.L. por haber permitido realizar la investigación en sus bosques de producción forestal.

RESUMEN

El monitoreo de la aplicación de tratamientos silviculturales en parcelas permanentes, permite obtener información primordial que puede ser utilizada en el momento de tomar decisiones de ordenación forestal respecto a ciclos de corta y diámetros mínimos de corta. El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de tres tratamientos silviculturales en árboles de futura cosecha (AFC). Dos de estos tratamientos (corte de bejucos y anillamiento de árboles supresores) son aplicados con la finalidad de aumentar la tasa de crecimiento de los AFC, y el tercer tratamiento (marcación de AFC) es aplicado con la finalidad de disminuir el daño causado a los AFC durante el aprovechamiento forestal.

Este estudio se realizó en las parcelas experimentales del Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo, que instaló el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) en el bosque amazónico de la Concesión SAGUSA SRL, localizada en el departamento de Pando. Las parcelas experimentales tienen un diseño de bloques completamente aleatorio, siendo que cada bloque contiene 4 intensidades de tratamientos silviculturales e intensidad de aprovechamientos, llamados: tratamiento normal, mejorado, intensivo y testigo. Los datos utilizados en este estudio corresponden a los datos de los AFC de 22 especies comerciales que se monitorean periódicamente en las parcelas experimentales (en total 814 individuos). Los análisis se efectuaron a nivel de población de los AFC, grupo comercial y gremio ecológico.

La densidad promedio de los AFC fue 7 árboles/ha, que presentaron un área basal promedio de 4.4 m²/ha. La tasa anual de crecimiento diamétrico promedio fue 0.41 cm/año para el conjunto de especies. El crecimiento varió con la clase diamétrica considerada obteniendo el mayor crecimiento en las clases de 20 – 50 cm y el menor incremento en la clase diamétrica de 10 – 20 cm de DAP. A nivel de tratamientos, el mejorado presentó el mayor incremento diamétrico (0.46 cm/año), seguido del tratamiento intensivo (0.42 cm/año), testigo (0.41 cm/año) y normal (0.30 cm/año).

Se cortaron 7.7 bejucos por árbol en promedio. El corte de bejucos tuvo un efecto positivo en el crecimiento diamétrico de los árboles tratados. Los árboles con corte de bejuco crecieron (0.40 cm/año), mientras los árboles con bejucos crecieron (0.29 cm/año). Sin embargo, los árboles libres de bejucos, de forma natural, crecieron mejor que todos los árboles con corte de bejucos (0.53 cm/año). Por otro lado, solo 17 AFC fueron liberados de sus competidores a través del anillamiento, lo que dificultó la evaluación de los resultados. El efecto del anillamiento no fue el esperado pues los AFC liberados obtuvieron un menor incremento diamétrico (0.19 cm/año), mientras que el mayor incremento diamétrico ocurrió en árboles libres naturalmente (0.48 cm/año). Los árboles liberados por el aprovechamiento tuvieron una tasa de incremento igual a 0.29 cm/año.

La parcela con marcado de AFC presentó 2.4 % de árboles muertos y dañados causado por la actividad del aprovechamiento forestal, mientras que la parcela sin marcado de AFC presentó 5.1 % de árboles muertos y dañados. El marcado de AFC tuvo un efecto positivo en la disminución de árboles muertos o dañados por 2.7 %.

Los resultados del presente estudio demuestran la importancia de la aplicación de los tratamientos silviculturales en AFC. Uno de los beneficios que proporcionan los tratamientos silviculturales es el aumento en el crecimiento diamétrico de árboles comerciales. Asimismo, el marcado de AFC a escala operativa tuvo un efecto positivo en la disminución de árboles muertos y dañados por el aprovechamiento forestal.

ABSTRACT

Silvicultural treatments are applied to future harvest trees (FHT) of commercial species with the goal to increase tree growth rates, and thereby improve future timber yields. Monitoring the effects of silvicultural treatments in permanent plots permits information to be obtained that can be used to make forest management decisions (i.e., defining cutting cycles and minimum diameter cutting limits). The objective of this study is to evaluate the effect of three silvicultural treatments. Two of these treatments (liana cutting and girdling suppressor trees) are applied to increase the growth rate of FHT. The third treatment (marking FHT) is applied to reduce damage to FHT during logging.

This study was carried out in the permanent plots of the Program for Long Term Silviculture Research established by the Bolivian Institute of Forestry Research (IBIF) in an Amazonian forest. The plots were installed in 2003 in the logging concession of SAGUSA SRL which is located near the town of Bella Flora, Nicolás Suárez Province, Department of Pando, Bolivia. The experimental plots were established in a complete randomized block design such that each block contained four plots of different treatments: normal, improved, intensive, and control. In the first three treatments, systems of alternative silviculture were applied; the control was not logged, nor received any silviculture treatments. The data used in this study are from FHT of 22 commercial tree species that are periodically monitored in the permanent plots (814 trees). The analyses were carried out at the levels of FHT population, commercial group, and ecological guild.

The mean density of FHT was 7 trees/ha and mean basal area was 4.4m²/ha. Mean annual growth rate was 0.41 cm/yr for all species combined, but varied considerably across diameter classes. The fastest growth was measured in the classes of 20-50 cm and the slowest growth in trees 10-20 cm DBH (diameter at breast height). At the treatment level, the improved treatment had the greatest diameter growth (0.46 cm/yr), followed by the intensive (0.42 cm/yr), control (0.41 cm/yr), and normal (0.30 cm/yr).

An average of 7.7 liana were cut per tree. The liana cutting had a positive effect on growth of treated trees (0.40 cm/yr) compared to trees with liana (0.29 cm/yr). Nonetheless, trees

naturally free of liana grew more than trees with liana cut (0.53 cm/yr). In the girdle study, only 17 FHT were liberated from trees that suppressed them, which made evaluation of the results difficult. The effect of girdling was not as expected, as the liberated FHTs had slower growth (0.19 cm/yr) than naturally free trees (0.48 cm/yr). Trees liberated by logging had mean growth of 0.29 cm/yr.

The plot treated by marking FHT had 2.4% of trees dead or damaged by logging while the unmarked plot reported 5.1% of trees dead or damaged. The marking of FHT had a positive effect in reducing the trees dead or damaged by 2.7%.

The results of this study demonstrate the importance of cutting vines on individual FHT of commercial species. The benefits provided by the silvicultural treatments include increased tree diameter growth rate (and volume) for trees to be cut during the next logging cycle. Likewise, tree marking had a positive effect on the reduction of FHT death and damage.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general:	2
1.1.2 Objetivos específicos:	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Riqueza de especies en los bosques amazónicos	3
2.2 Estructura del bosque	4
2.3 Crecimiento	4
2.4 Tratamientos silviculturales	5
2.4.1 Aprovechamiento forestal	5
2.4.2 Marcado y corte de bejucos en Árboles Futura de Cosecha (AFCs)	6
2.4.3 Anillamiento de árboles supresores no comerciales	7
2.4.4 Refinamiento	7
2.5 Descripción de los gremios ecológicos	8
3. MATERIALES Y METODOS	10
3.1 Descripción del área de estudio	10
3.2 Metodología	13
3.2.1 Diseño experimental	13
3.2.2 Definición de parcelas tratadas y no tratadas	18
3.2.3 Toma de datos	18
3.2.4 Corta de bejucos	20
3.2.5 Marcado de Árboles de Futura Cosecha (AFC)	20
3.2.6 Anillamiento de árboles no comerciales	20
3.3 Análisis de datos	21
3.3.1 Estructura de la población de especies comerciales	21
3.3.2 Análisis del Incremento Corriente Anual (ICA) de Árboles de Futura Cosecha (AFCs)	21
3.3.3 Análisis del efecto del marcado de Árboles de Futura Cosecha (AFCs)	22
4. RESULTADOS	23

4.1 Estructura de la población de especies comerciales	23
4.2 Incremento diamétrico de árboles de futura cosecha (AFC) por tratamiento	26
4.3 Incremento diamétrico por clase diamétrica	29
4.4 Incremento diamétrico por gremio ecológico	30
4.5 Incremento diamétrico e infestación de bejucos en AFC	31
4.6 Efecto del corte de bejucos en el crecimiento de AFC	32
4.7 Tasa de crecimiento promedio de AFC por posición de copa	34
4.8 Tasa de crecimiento promedio de los AFC por anillamiento	35
4.9 Análisis del efecto del marcado de AFC	36
5. DISCUSIONES	39
5.1 Estructura de la población.....	39
5.2 Crecimiento de Árboles de Futura Cosecha (AFC)	39
5.3 Efecto del corte de bejucos en el incremento diamétrico de los AFC	41
5.4 Efecto del anillamiento en el incremento diamétrico de los AFC	42
5.5 Análisis del efecto del marcado de AFC	43
6. CONCLUSIÓN.....	45
7. RECOMENDACIONES.....	47
8. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	48
ANEXOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Ubicación del área de estudio en la Concesión forestal SAGUSA, en el departamento de Pando, Bolivia	12
Figura 2. Precipitación y temperatura media mensual de la región noroeste de la amazonía boliviana.....	12
Figura 3. Diseño de las parcelas del Programa de investigación silvicultural a largo plazo	12
Figura 4. Distribución total de AFC, por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando	23
Figura 5. Incremento diamétrico (cm/año) de los AFC por tratamientos.....	26
Figura 6. Incremento diamétrico (cm/año) de AFC de especies comerciales muy valiosas y poco valiosas.....	27
Figura 7. Incremento diamétrico (cm/año) de AFC en parcelas tratadas y no tratadas.	27
Figura 8. Incremento diamétrico (cm/año) por tratamiento y categoría de tamaño.	30
Figura 9. Incremento diamétrico (cm/año) por tratamiento y gremio ecológico.....	30
Figura 10. Tasa de incremento diamétrico por grado de infestación de bejucos.....	32
Figura 11. Incremento diamétrico por efecto de corte de bejucos y gremio ecológico	32
Figura 12. Incremento diamétrico por posición de copa.	35
Figura 13. Efecto de la liberación de los AFC en la tasa de incremento	36
Figura 14. Porcentaje de árboles muertos y dañados por tratamiento.	37

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. Características generales de cuatro gremios ecológicos comúnmente utilizados para clasificar las especies.	9
Tabla 2. Lista de especies muy valiosas que actualmente aprovecha la empresa en su área.	16
Tabla 3. Lista de especies comerciales potenciales (poco valiosas) que fueron incorporadas en el tratamiento intensivo.....	17
Tabla 4. Directrices para la selección de árboles a ser eliminados por anillamiento y aplicación de herbicidas.....	18
Tabla 5. Número de individuos, densidad y área basal de las 22 especies comerciales (actuales y potenciales) en un bosque amazónico de Pando, Bolivia.....	24
Tabla 6. Lista de especies valiosas y potenciales censadas en las parcelas de PISLP establecidas en un bosque amazónico de Pando.....	25
Tabla 7. Tasa de incremento diamétrico por especie y tipo parcelas (tratadas y no tratadas).	28
Tabla 8. Número de árboles de futura cosecha liberados de bejucos.....	33
Tabla 9. Mortalidad natural de los AFC a nivel general de tratamientos en un bosque amazónico de Pando, Bolivia.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

	Págs.
ANEXO 1. Mapa de ubicación de Árboles de Futura Cosecha (AFC) tratamiento intensivo.....	56
ANEXO 2. Mapa de ubicación de árboles de futura cosecha tratamiento mejorados.....	56
ANEXO 3. Mapa 3. Ubicación de árboles de futura cosecha tratamiento normal	57
ANEXO 4. Mapa 4. Ubicación de árboles de futura cosecha tratamiento testigo.....	58
ANEXO 5. Formulario para el registro de variables dasométricos de Árboles de Futura Cosecha (AFC)	59

1. INTRODUCCIÓN

La Ley Forestal 1700, su Reglamento y Normas Técnicas vigentes determinan la obligación de incluir en todo Plan de Manejo Forestal un sistema de monitoreo mediante parcelas permanentes. Los objetivos de este sistema de monitoreo son evaluar el efecto del aprovechamiento y otras intervenciones silviculturales en el bosque remanente, así como seguir el crecimiento y rendimiento de las especies forestales y del bosque. El propósito de este sistema es también obtener información esencial para tomar decisiones de ordenación forestal respecto a ciclos de corta, diámetros mínimos de corta y volúmenes de corta (MDSP 1996, 1998).

Los sistemas de selección para la extracción de madera basadas en límites diamétricos (diámetro mínimo de corta, DMC) pueden generar un “descreme” con el consiguiente deterioro del valor comercial del bosque. Es un supuesto generalizado que los DMC ayudan a la sostenibilidad del aprovechamiento forestal, puesto que sólo se cortan árboles maduros, liberando fustes de menor tamaño para que a la larga éstos reemplacen a los árboles aprovechados. Sin embargo, cuando se cortan sólo los mejores fustes sin aplicar tratamientos silviculturales para eliminar árboles defectuosos o fustes de especies no comerciales, el bosque es dominado gradualmente por especies no comerciales (Dawkins y Philip 1998). En la actualidad existe un mayor interés en los conceptos de manejo sostenible, existe una necesidad de información sobre prácticas de silvicultura que permitan alcanzar la sostenibilidad del manejo forestal (Fredericksen *et al.* 2003).

La silvicultura en bosques naturales es la práctica de controlar el establecimiento, la composición y el crecimiento del bosque. La silvicultura es la ecología forestal aplicada (Fredericksen y Peralta, 2001). Los tratamientos silviculturales buscan inducir variaciones en la estructura del bosque con miras a fortalecer el establecimiento de la regeneración natural e incrementar el crecimiento de los individuos de especies comerciales, que son sobre los cuales se definen en gran medida la aplicación de los tratamientos (Hutchinson, 1993).

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo general:

- Evaluar el efecto de diferentes tratamientos silviculturales corte de bejucos, anillamiento de árboles supresores y marcado de Árboles de Futura Cosecha (AFC) aplicados en árboles de un bosque amazónico de Pando.

1.1.2 Objetivos específicos:

- Definir la estructura poblacional de los AFC de especies comerciales valiosas y potenciales.
- Determinar el efecto de la corta de bejucos y el anillamiento de árboles competidores en el incremento diamétrico de los AFC de especies comerciales valiosas y potenciales.
- Evaluar la importancia del marcado de AFC en la tasa de mortalidad de árboles de futura cosecha de especies comerciales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Riqueza de especies en los bosques amazónicos

Los bosques amazónicos están conformados por una diversidad de ecosistemas distribuidos en un mosaico complejo (Salms y Marconi, 1992). Esta diversidad permitió definir diferentes clasificaciones del bosque amazónico, las cuales están basadas en factores bioclimáticos y edafológicos. A pesar de ello, se tiene limitados conocimientos de su flora, debido a que los estudios de vegetación en la amazonía boliviana fueron escasos hasta la década de los 80 (Moraes y Beck, 1992). Los tipos de bosque de Pando, diferenciados por Beck *et al.* (1993), Lara, (1995), Navarro, (1997) y ZONISIG, (1997), son 8 tipos florísticos más 5 subtipos o variantes. Estudios recientes, como los de Navarro (1997), Alberson *et al.* (2000) y Mostacedo *et al.* (2007) afirman que la vegetación de Pando tiene clasificaciones generales con unidades fisonómicas superpuestas florísticamente, que no guardan una clara relación con las condiciones ecológicas determinantes.

La riqueza florística de los bosques amazónicos de Bolivia varía según el lugar, habiéndose reportado los siguientes valores: 94 especies y 649 árboles por ha en Alto Ivón (Boom, 1986); 146 especies y 649 árboles en la Serranía Pilon Lajas, 67 especies y 506 árboles en Río Zaguayo y 94 especies con 606 árboles en el Parque Noel Kempff (Smith y Killeen, 1998); y 81 especies y 544 individuos por ha en la Reserva El Tigre (Poorter *et al.* 1999). Sin embargo los mayores registros en número de especies y densidad por ha se encuentran en la amazonía peruana, brasileña y ecuatoriana (Smith y Killeen, 1998).

Al referirse al sector de Pando Alverson *et al.* (2000), reconocen un alto potencial de recursos no maderables y asemeja a los bosques del oeste de la Amazonía boliviana con los bosques cultivados del Petén (Guatemala). Además, menciona la importancia de los bosques del escudo precámbrico, que sufren un proceso de deforestación en el Brasil y la existencia de especies endémicas como asociaciones vegetales que sólo se dan en este sector del país.

2.2 Estructura del bosque

La estructura vertical es la distribución de los organismos a lo largo del perfil del bosque. Esta estructura responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones microclimáticas presentes en las diferentes alturas del perfil. Estas diferencias en el microclima permiten que especies de diferentes temperamentos se ubiquen en los niveles que satisfagan sus demandas (Finegan, 1992). Los estratos se refieren a agrupaciones de individuos que han encontrado los niveles de energía adecuados para sus necesidades y por lo tanto han expresado plenamente su modelo arquitectural, copas amplias. La estructura horizontal en bosques tropicales es la extensión de las especies arbóreas reflejada en la distribución de individuos por clase diamétrica. La distribución normal para la mayoría de las especies es la de 'J invertida', aunque algunas especies no parecen tener este tipo de distribución. Los factores determinantes de la estructura horizontal del bosque son el suelo y el clima (Matteucci y Colma, 1982).

2.3 Crecimiento

El crecimiento o incremento de los árboles es uno de los datos básicos para el manejo y aprovechamiento de los bosques, naturales o plantados. Los factores que influyen en el crecimiento e incremento del árbol en altura, actúan también en el incremento en diámetro. El incremento anual en diámetro depende también de la cantidad de reservas que tiene el árbol durante el año, por lo que el crecimiento en diámetro es mayor cuando hay menor competencia y mayor luz. En este sentido que Luna, (1992) y Del Valle, (1986), mencionan que los árboles tropicales muestran crecimiento óptimo en diámetros intermediarios.

La competencia es una interacción entre individuos, que tienen el mismo requerimiento por un recurso de disponibilidad limitada (Finegan, 1992). La competencia resulta en una reducción del crecimiento, reproducción y/o supervivencia de los individuos que compiten por el mismo recurso. Además, el fenómeno de la competencia entre las plantas se refiere a la facultad que tienen algunas de ellas para aprovechar, mejor que otras, las condiciones

de su medio ambiente. La competencia se produce en torno a ciertos factores como la luz, el agua o el espacio (Finegan, 1992).

La luz es un recurso de importancia primordial para las plantas porque es la única fuente de energía que puede ser utilizada por las mismas. La luz que recibe una planta tiene varios componentes cuya importancia relativa depende de varios factores del ambiente. Por consiguiente, la luz varía de intensidad y duración en los diferentes estratos del bosque. Las especies forestales, dependiendo del grupo ecológico a que pertenecen (esciófitas o heliófitas), tienen diferentes requerimientos de luz para su regeneración y establecimiento (Finegan, 1992).

2.4 Tratamientos silviculturales

Los tratamientos silviculturales buscan inducir variaciones en la estructura del bosque con miras a fortalecer el establecimiento de la regeneración natural e incrementar el crecimiento de los individuos de especies comerciales en función de un beneficio económico (Hutchinson, 1993; Valerio y Salas, 1998). Por lo tanto, el tratamiento silvicultural que se desea aplicar al bosque dependerá concretamente de las características propias de cada sitio y de los requerimientos de las especies que se quiere promover (Hutchinson, 1993). Estos tratamientos se planifican a partir de un muestreo diagnóstico que se realiza después del aprovechamiento. Los tratamientos que se empleen en el bosque dependen de las características del mismo, de la capacidad de quienes lo manejan y de los recursos con que se cuenta. A continuación se describen los tratamientos más empleados para favorecer el crecimiento de los árboles (Fredericksen *et al.* 2001).

2.4.1 Aprovechamiento forestal

El aprovechamiento forestal es considerado como el primer tratamiento silvicultural que se aplica al bosque, además de generar ingresos económicos, permite dinamizar el ecosistema mediante la apertura de claros. La calidad de la regeneración que se establezca en los claros depende de la planificación y cuidado con que se realice esta primera intervención (Manzanero, 2001).

2.4.2 Marcado y corte de bejucos en Árboles Futura de Cosecha (AFCs)

La maquinaria utilizada durante el aprovechamiento ocasiona daños significativos a los árboles cercanos a los caminos de extracción y alrededor de los árboles aprovechables. Por otro lado, el tumbado del árbol aprovechable también ocasiona daños a los árboles cercanos al mismo. Con el marcado de árboles de futura cosecha (AFC) se espera reducir el daño durante el aprovechamiento. El marcado de AFC se realiza generalmente con pintura azul o cinta flagging de color naranja, aproximadamente a una altura de 1.70 m desde el nivel del suelo, para que los operadores de la maquinaria y los motosierristas puedan identificar a estos árboles y evitar en lo posible ocasionarles daño. En el bosque de transición chiquitana amazónica se encontró una reducción del daño en 20 % en claros de aprovechamiento (Krueger, 2003).

Los bejucos son un grupo diverso y abundante de plantas en los bosques tropicales. Por ejemplo se ha estimado que las lianas representan alrededor del 30-60% de las especies (Putz, 1984) y de 2-4% de la biomasa. Al ser los bejucos plantas de hábitos trepadores, que para alcanzar el dosel del bosque dependen del apoyo físico de árboles y otros (Gentry, 1991), se tornan en uno de los mayores problemas en los bosques - manejados (Pérez-Salicrup, 1998). Entre los problemas que causan están daño al fuste de los árboles, disminución de la tasa de crecimiento, supresión de la regeneración de árboles en claros de aprovechamiento (Putz, 1984) y reducción de la producción de frutos (Steven, 1987). Asimismo, los bejucos conectan las copas de unos árboles con otros por consiguiente se tornan en un peligro para los operadores de extracción de madera (Peralta, 2002). La corta de bejucos en la base del árbol es una práctica sencilla, que puede ser realizada con machete o motosierra, y que tiene efectos muy significativos en el aumento de crecimiento del árbol (Valerio y Salas, 1997). El aumento en el crecimiento del árbol resulta en un mayor volumen aprovechable a corto y largo plazo. En un bosque de transición chiquitano amazónico se encontraron, en promedio, 8 bejucos por AFC, cubriendo un 35 % de la copa (Evans *et al.* 2003). El mismo autor menciona que el tiempo promedio que emplea un equipo de dos personas

para cortar los bejucos, entre caminar y ubicar los árboles fue 4 minutos y el costo del tratamiento por árbol \$us 0.13 (Evans *et al.* 2003).

2.4.3 Anillamiento de árboles supresores no comerciales

El tratamiento de liberación por anillamiento se aplica para favorecer a aquellos árboles de futura cosecha que, siendo prometedores como productores de madera, se encuentran en una situación de competencia por luz desfavorable. Por lo general, están a la sombra de otro árbol o debajo de copas de otros árboles que compiten ventajosamente con ellos por la luz (Pinelo, 2000).

El tratamiento de liberación por anillamiento consiste en la eliminación de una porción de la corteza alrededor del fuste. El corte es realizado con motosierra de tal manera que se impida el flujo de sustancias elaboradas (azúcares) a la raíz, lo que provoca la muerte del árbol. Además para aumentar la probabilidad de que el individuo tratado muera, se aplica herbicida en el área sin corteza. Sin embargo, el uso de agentes químicos incrementa los costos de los tratamientos y los riesgos de contaminación. En un estudio realizado por Ohlson *et al.* (2003) en un bosque húmedo tropical (La Chonta) se encontró que este tratamiento resultaba en la muerte de 97.5 % de los árboles tratados en época seca y 90 % en época lluviosa. Asimismo, el costo del tratamiento de anillado fluctúa entre US\$ 0.21 y 1.04, dependiendo del herbicida utilizado.

2.4.4 Refinamiento

El refinamiento consiste en la eliminación de árboles de especies no comerciales con diámetro superior a un determinado límite definido para cada bosque. Al respecto, en Surinam se han probado exitosamente diferentes intensidades de refinamiento (Shulz, 1967). Por lo tanto la aplicación del refinamiento, además de promover el establecimiento de arbolitos por la entrada de luz, la deposición de materia orgánica adicional ocasionada por la muerte de los árboles anillados, contribuye al incremento de las tasas de crecimiento de los árboles remanentes.

A mediados del siglo XX en África se utilizó una modalidad de refinamiento, cuyo objetivo era eliminar todos los individuos de especies que no contribuyeran a alcanzar los objetivos del manejo, para tener una masa "refinada" (Dawkins, 1958). Sin embargo, resulta muy riesgoso pues cada especie juega un papel dentro del ecosistema y si se elimina alguna de ellas se corre el riesgo de provocar un desequilibrio ecológico. Por otro lado, se corre el riesgo de perder una especie que puede llegar a tener un alto valor comercial en el futuro para la producción de madera o de otros bienes.

2.5 Descripción de los gremios ecológicos

Una de las características ecológicas que se usa como variable indicadora en la formación de gremios ecológicos es la tolerancia a la sombra. En general, la tolerancia a la sombra se vincula con el estado de sucesión. Los árboles que aparecen al inicio de la sucesión ecológica (inmediatamente después de producirse alteraciones) generalmente son intolerantes a la sombra, razón por la que no aparecen en sotobosques sombríos. Dichas plantas pertenecen al gremio ecológico de las "pioneras" o "heliófitas". Por otra parte, existen plantas que tienen cierta tolerancia a la sombra y no requieren de grandes alteraciones para regenerarse. Estas forman parte del gremio ecológico de las plantas "no pioneras" o "esciófitas". Es importante señalar que si bien las esciófitas son tolerantes a la sombra, esto no implica necesariamente que dichas plantas sean intolerantes a la luz solar. La mayoría de las esciófitas crecen mejor con iluminación total del sol. No obstante, las esciófitas son menos comunes, inicialmente, en estos hábitats alterados e iluminados por el sol, puesto que las heliófitas generalmente se establecen y compiten de forma más efectiva en estas condiciones. Estos dos grupos son subdivididos en otros dos grupos (Fredericksen *et al.* 2001) (Tabla 1).

Tabla 1.

Características generales de cuatro gremios ecológicos comúnmente utilizados para clasificar las especies. Se dan ejemplos de especies en cada gremio.

Gremio	Descripción	Ejemplos en Bolivia
Heliófitas efímeras	Especies muy intolerantes a la sombra que se presentan en ambientes de sucesión temprana y sobreviven por corto tiempo (< 30 años).	Ambaibo (<i>Cecropia</i> spp.) Pica-pica (<i>Urera</i> spp.) Balsa (<i>Ochroma pyramidale</i>) <i>Helicocarpus</i> spp. <i>Trema micrantha</i>
Heliófitas durables	Especies intolerantes a la sombra que se establecen en ambientes alterados, pero que son de larga vida y ocupan posiciones en la parte alta del dosel del bosque.	Mara (<i>Swietenia macrophylla</i>) Cedro (<i>Cedrela</i> spp.) Tajibo (<i>Tabebuia</i> spp.) Curupaú (<i>Anadenanthera colubrina</i>) Picana (<i>Cordia</i> spp.) Serebó (<i>Schizolobium parahyba</i>)
Esciófitas parciales	Tolerantes a la sombra, en cierto grado, pero dependen de la pronta formación de claros para sobrevivir y crecer en el dosel del bosque.	Ochoó (<i>Hura crepitans</i>) Momoqui (<i>Caesalpinia pluviosa</i>) Tasaá (<i>Acosmium cardenasii</i>) Sirari de la Chiquitanía (<i>Copaifera chodatiana</i>)
Esciófitas totales	Tolerantes a la sombra, capaces de sobrevivir varios años bajo el dosel del bosque y hasta crecer en estas condiciones.	Ojoso (<i>Pseudolmedia laevis</i>) Mururé (<i>Clarisia racemosa</i>)

Fuente: Elaborado por (Fredericksen *et al.* 2001).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área de estudio

Esta investigación fue realizada en un bosque amazónico de Bolivia en la concesión forestal SAGUSA S.R.L., que se encuentra ubicada en la provincia Nicolás Suárez del departamento de Pando a 185 km de la ciudad, en el municipio Bella Flor cantón Mercier (Lat. 10° 50' 00", Long. 76° 41' 30", Figura 1). Actualmente la concesión tiene una superficie de 66061.99 ha, de las cuales 61252,156 ha están dedicadas a la producción forestal, 4522,354 ha a áreas de protección, 150,071 ha para uso pecuario, pastizal y 162,419 ha de caminos, las cuales han sido saneadas por el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) (Figura 1) (Solís, 2004).

En la concesión SAGUSA se han identificado más de 105 especies de árboles, de los cuales 21 especies son consideradas de valor comercial como mara, almendrillo, cedro, coquino, roble, tajibo, y verdolago. Actualmente solo se aprovechan entre 8 a 10 especies. El volumen potencial actual de aprovechamiento oscilan entre 30 m³/ha, para 21 especies. El ciclo de corta es 20 años, siendo que cada año se aprovecha un área de aprovechamiento anual (AAA) con una superficie de aproximadamente 3229 ha (Solís, 2004).

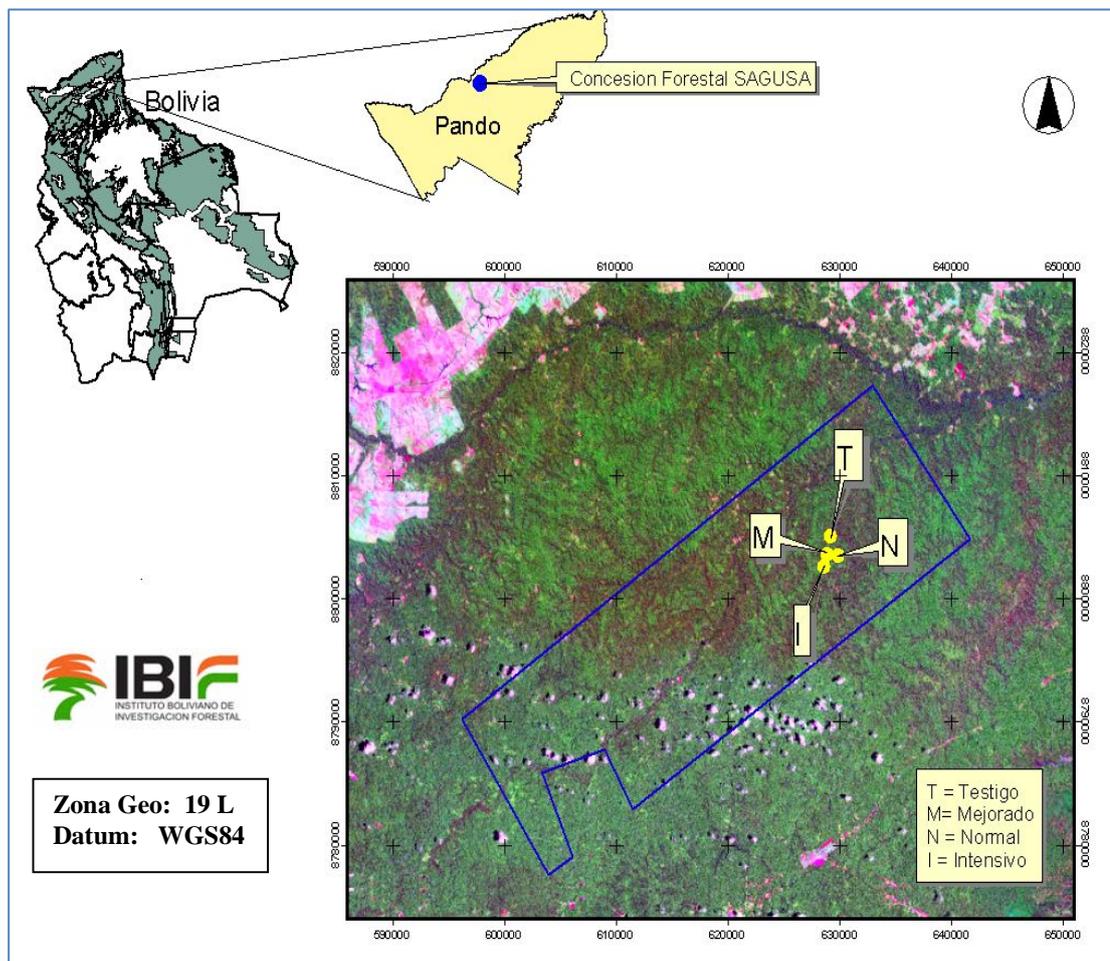


Figura 1. Ubicación del área de estudio y de las diferentes parcelas del Programa de Investigación Silvicultural a largo plazo (PISLP) instaladas en la concesión forestal SAGUSA, en el departamento de Pando, Bolivia.

Fuente: Elaboración propia en base a imagen satelital y datos de campo

La temperatura promedio de la región es de 25° C, con una precipitación promedio anual de 1834 mm. Presenta dos periodos climáticos bien marcados, con siete meses de intensas precipitaciones (Octubre-Abril) y cinco meses con baja precipitación (Mayo-Septiembre, menos de 100 mm de precipitación por mes) (Figura 2) (Solís, 2004).

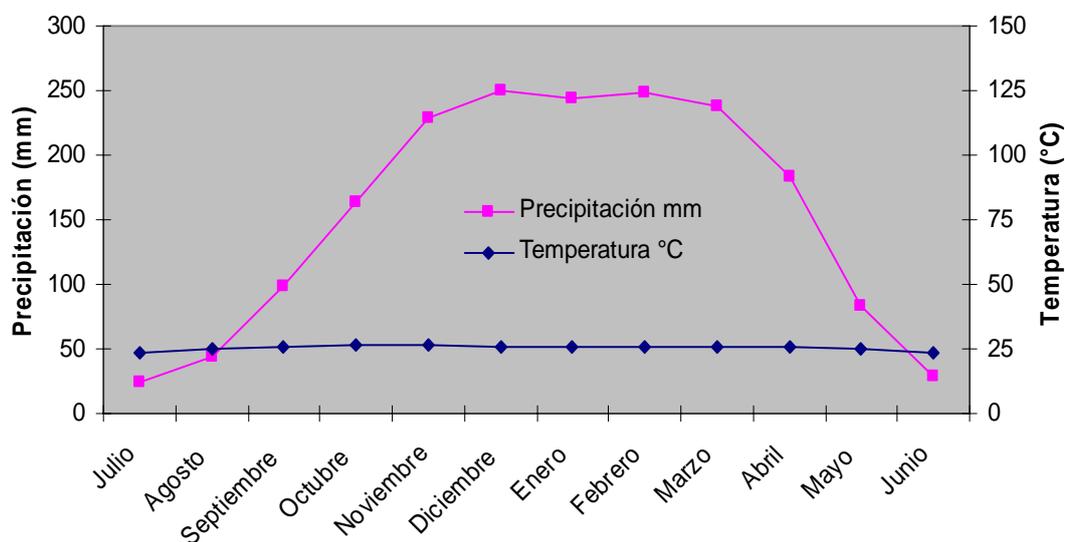


Figura 2. Precipitación y temperatura media mensual de la región noroeste de la Amazonía boliviana, donde se ubica la concesión forestal SAGUSA SRL. Fuente: Elaborado en base a datos del (PGMF) (Solís, 2004).

Navarro (1997), clasifica los bosques de Pando como selvas pluviestacionales climatófilas semidecíduas, selvas de várzea estacionalmente inundadas por aguas blancas, selvas de igapó temporalmente inundadas por aguas claras o negras, palmares permanentemente inundados por aguas negras, tres tipos de bosques ribereños que corresponden a etapas sucesionales en relación a la estabilidad del sustrato y micro bosques esclerófilos o cerrado amazónico. De acuerdo a la clasificación sociológica que desarrolló ZONISIG, (1997), el PLUS-Pando (1996) y la información que el plan general de manejo (Solís, 2004), la concesión forestal SAGUSA pertenece al bosque amazónico de colinas del noreste de Pando, región disectada de colinas en el extremo oeste de la Provincia Nicolas Suárez, sobre cumbres y laderas de colinas. De cobertura densa, perennifolia ombrófila, de baja altura y no inundable, los bosques de esta región son los únicos de todo Bolivia que producen nueces de castaña (*Bertholletia excelsa*) y látex naturales (*Hevea brasiliensis*). El

área de influencia de la concesión está drenada por numerosos ríos como son el Rapirran, Talmaman, Manuripi, y el Karamanu que atraviesan el área siendo el último apto para la navegación de embarcaciones medianas que desembocan en el río Chipamanu, para formar el río Abuná. También se tiene la presencia de otros ríos, arroyos medianos como el Coaba, Yuca y arroyo negro entre otros (PAIPB, 1998).

3.2 Metodología

3.2.1 Diseño experimental

El presente estudio está enmarcado dentro del diseño establecido en el Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP) a través de parcelas permanentes experimentales. Estas parcelas fueron establecidas por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) en el año 2003, siendo instaladas mediante un diseño aleatorio de bloque completo, con 4 tratamientos que varían en su intensidad de aprovechamiento y aplicación de tratamientos silviculturales. Estos tratamientos representan alternativas de sistemas silviculturales. La ubicación de las parcelas se realizó usando un mapa generado en base al censo forestal en un área de aprovechamiento anual de la empresa (AAA-2001). Primero se delinearón cuatro áreas en el terreno, seleccionando sitios similares en densidad de árboles aprovechables, tipos de vegetación y topografía. Posteriormente se asignaron al azar los tratamientos a aplicarse en los sitios seleccionados (Figura 3).

Las parcelas experimentales tienen un diseño anidado y un tamaño aproximado de 22 ha por tratamiento. Los árboles con el diámetro altura pecho (DAP) ≥ 40 cm, son censados en toda la parcela, mientras que los árboles con DAP entre 20 – 40 cm son censados solamente en la mitad de la parcela y los árboles con DAP entre 10 – 20 cm son censados en cuatro subparcelas de 1 ha cada una.

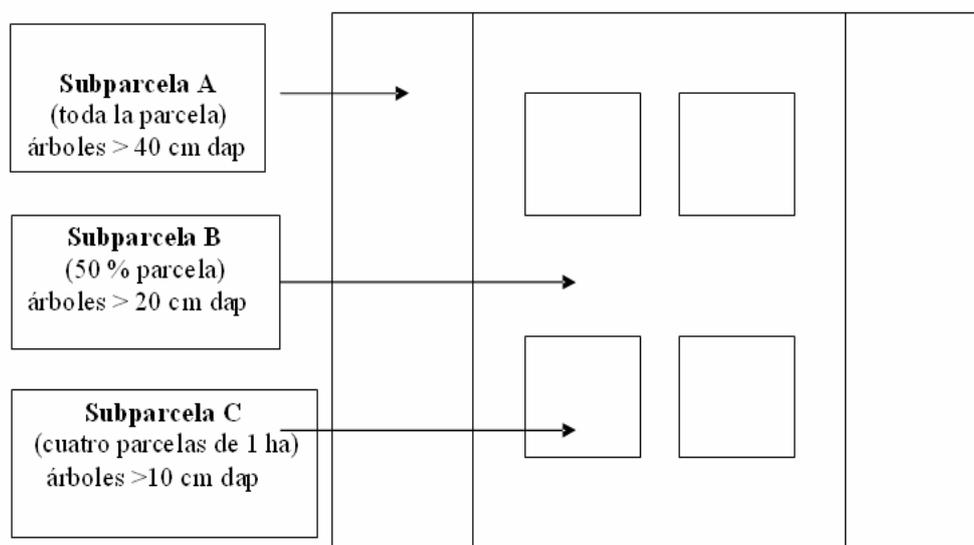


Figura 3. Diseño de las parcelas del Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP)

Fuente: (IBIF, 2003)

Los tratamientos que se aplicaron en las parcelas experimentales representan alternativas de intensidad de aprovechamiento y sistemas silviculturales. Estos tratamientos son:

- a) **Tratamiento Testigo** (*Sin Intervención*).- Este tratamiento no ha sido aprovechado, aunque se cortaron algunos bejucos en los árboles aprovechables. La corta de bejucos fue realizada por el personal de la empresa durante el censo forestal, realizado un año antes del aprovechamiento. Como se usaron las AAA previamente censadas para ubicar los bloques, esta intrusión en el tratamiento testigo fue inevitable.
- b) **Tratamiento Normal** (*Aprovechamiento Normal*).- Este tratamiento recibe aprovechamiento de acuerdo al sistema actual de extracción de la empresa. Este sistema incluye:
 - Planificación de caminos y aprovechamiento basado en un censo comercial de árboles aprovechables y remanentes.

- Aprovechamiento de árboles que superan el diámetro mínimo de corta generalmente 50 cm de DAP, pero 70 cm en el caso de *Amburana cearensis* y *Swietenia macrophylla*.
- Veinte por ciento de los árboles comerciales mayores al límite diamétrico son dejados como semilleros y como factor de seguridad. Corte de bejucos de los árboles comerciales antes del aprovechamiento
- Corta dirigida (principalmente para reducir riesgos de accidentes y facilitar la extracción de troncas, aunque también se considera con esto minimizar daños a los árboles circundantes).

c) **Tratamiento Mejorado** (*Aprovechamiento con Baja Silvicultura*).- El procedimiento de este tratamiento ha recibido las operaciones descritas para el tratamiento normal, y adicionalmente se les aplicaron los siguientes tratamientos:

- Marcado antes del aprovechamiento de árboles de futura cosecha (AFC) de las especies que actualmente son extraídas por la empresa (Cuadro 1). Se define como AFC a los árboles de especies comerciales actuales o potenciales que tienen excelente o buena calidad de fuste y copa y DAP entre 10 cm y el diámetro mínimo de corta (DMC) específico para cada especie (ver Tabla 2).
- Corte de todos los bejucos situados en el fuste o la copa de los AFC
- Liberación de AFC de árboles no-comerciales mediante anillamiento.

Tabla 2.

Lista de especies muy valiosas que actualmente aprovecha la empresa en su área. árboles de futura cosecha de estas especies fueron censadas en el tratamiento mejorado e intensivo.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Gremio ecológico	DMC
Almendrillo hoja chica	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Caesalpiniaceae	Esciofita parcial	50
Almendrillo hoja grande	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae	Esciofita parcial	50
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Heliofita durable	60
Masaranduba	<i>Manilkara bidentata</i>	Sapotaceae	Esciofita parcial	50
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	Fabaceae	Heliofita durable	70
Tajibo amarillo	<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae	Esciofita total	50

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

d) **Tratamiento Intensivo** (*Aprovechamiento con Alta Silvicultura*).- Este tratamiento recibió todas las operaciones del tratamiento mejorado, y adicionalmente se aplicaron los siguientes tratamientos:

- Marcado adicional de AFC de especies potencialmente comerciales (Cuadro 3). Para el marcado adicional de AFCs se consideró el DAP a partir de 10 cm. Para aquellas especies comerciales no muy abundantes, al contrario, para las especies comerciales muy abundantes se consideró el DAP a partir de 20 cm.
- Corte de bejucos y liberación de AFC adicionales de especies de árboles no comerciales.
- Doble intensidad de aprovechamiento que incluye la extracción de especies que actualmente no son aprovechadas por la empresa, pero que son especies potenciales.

- Tratamientos de mejora de rodales que incluyen el anillado de individuos de especies arbóreas no comerciales con DAP mayor a 40 cm, exceptuando especies importantes para la fauna. Este tratamiento se aplicó a 1 – 5 individuos por ha (ver Tabla 3).
- Escarificación mecanizada del suelo en claros de aprovechamiento usando “skidder”, en el momento de la extracción de las troncas.

Tabla 3.

Lista de especies comerciales potenciales (poco valiosas) que fueron incorporadas en el tratamiento intensivo.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Gremio ecológico	DMC
Amarillo	<i>Aspidosperma vargasii</i>	Apocynaceae	Heliofita durable	50
Bitumbo colorado	<i>Couratari macrosperma</i>	Lecythidaceae	Heliofita durable	50
Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	Esciofita parcial	80
Cuta	<i>Astronium lecointei</i>	Anacardiaceae	Heliofita durable	50
Cacha	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Apocynaceae	Esciofita parcial	50
Itauba negra	<i>Heisteria nitida</i>	Olacaceae	Esciofita parcial	50
Mururé	<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae	Esciofita parcial	50
Mapajo	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	Heliofita durable	50
Mapajillo	<i>Ceiba samauma</i>	Bombacaceae	Heliofita durable	50
Paquio	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae	Esciofita parcial	50
Paquiocillo	<i>Hymenaea parvifolia</i>	Caesalpiniaceae	Esciofita parcial	50
Siringa	<i>Hevea brasiliensis</i>	Euphorbiaceae	Heliofita durable	80
Toco blanco	<i>Enterolobium</i> sp.	Mimosaceae	Heliofita durable	50
Toco colorado	<i>Parkia pendula</i>	Mimosaceae	Esciofita parcial	50
Verdolago	<i>Terminalia amazonica</i>	Combretaceae	Esciofita parcial	50
Yesquero	<i>Carinana</i> sp.	Lecythidaceae	Esciofita parcial	50

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

La aplicación de los tratamientos silviculturales se realizó después del aprovechamiento forestal. Los cuales se mencionan a continuación (Tabla 4).

Tabla 4.

Directrices para la selección de árboles a ser eliminados por anillamiento y aplicación de herbicidas.

1. Seleccionar árboles sin valor comercial potencial (fuste de calidad 4).
2. Preferentemente seleccionar árboles que sobrepasen completamente la altura de los AFC.
3. Preferentemente seleccionar árboles de especies comunes. No seleccionar árboles con densidades menores a 0.1 individuos/ha
4. No seleccionar árboles que contengan nidos o madrigueras de animales o árboles con valor excepcionalmente alto para la fauna silvestre (ej. bibosi o palmeras). En lo posible, seleccionar árboles que estén dispersos en el área en proporción a su abundancia.

Fuente: Elaborado por Pariona y Fredericksen (1999).

3.2.2 Definición de parcelas tratadas y no tratadas

Para el presente estudio se denominó a las parcelas con tratamientos intensivo y mejorado como parcelas tratadas, ya que las mismas recibieron tratamientos silviculturales adicionales. En cambio se denominó parcelas no tratadas a las con tratamiento normal y testigo, al ser parcelas sin tratamiento silvicultural adicional. Asimismo la superficie total de los cuatro tratamientos evaluados fue igual a 108.1 ha.

3.2.3 Toma de datos

El establecimiento y remediación de las parcelas permanentes siguieron la metodología propuesta por Synnott, (1991) y Contreras *et al.* (1999). Los árboles de futura cosecha (AFC) de especies comerciales como las especies potenciales (Cuadro 2), fueron censados en todos los tratamientos siguiendo el diseño anidado de las parcelas. Adicionalmente, en los tratamientos mejorado e intensivo se buscaron AFC en toda el

área de la parcela para aumentar el tamaño de la muestra. Estos AFC recibieron también una placa con numeración única, sus coordenadas fueron tomadas y se obtuvieron varias variables evaluadas. Entre las variables evaluadas están:

- a) **Diámetro altura pecho (DAP).**- Diámetro tomado generalmente a los 1.3 m de altura sobre el nivel del suelo.
- b) **Calidad de fuste.**- Guarda relación con su conformación morfológica, fenotípica y su estructura. En este sentido se consideran tres calidades: (1) Sano y recto sin ningún signo visible de defectos; (2) Con señales de ataque de hongos, pudrición, heridas, curvatura, crecimiento en espiral y otras deformaciones; y (3) Curvado y defectos graves en su estructura, útil para leña.
- c) **Estado sanitario del árbol.**- Es el estado en el que se encuentra el árbol se clasificó en seis categorías: (AS) Árbol sano en pie, (AC) Árbol caído vivo, (AE) Árbol estrangulado por lianas, (AI) Árbol inclinado, (AR) Árbol roto, (ADA) Árbol dañado por aprovechamiento.
- d) **Posición de copa.**- Está referida a la posición de la copa con respecto a su exposición a la luz solar. La clasificación (según Dawkins, 1958 de manera invertida): se consideran cinco categorías: (1) Emergente. (2) Plena iluminación superior, (3) Alguna iluminación superior, (4) Alguna luz lateral, (5) Ausencia de luz.
- e) **Forma de copa.**- Las definiciones de forma de copa fueron las utilizadas y aplicadas de acuerdo con las características de cada especie y del estado de desarrollo de cada árbol. Se clasifica en cinco clases (1) Perfecta, (2) Buena, (3) Tolerable, (4) Pobre, (5) Muy pobre.
- f) **Infestación por bejucos.**- La infestación de bejucos tiene efectos en el crecimiento, incremento y forma de los árboles, lo que incide directamente en la producción futura de madera. Para la evaluación de esta variable se define fuste hasta el punto donde ocurre la bifurcación principal del fuste. Se clasificó en 4 categorías: (1) Sin bejuco, (2) Bejucos en el fuste, (3) Bejucos en la copa y fuste, (4) Totalmente cubierto de bejucos

3.2.4 Corta de bejucos

El corte de bejucos de árboles de futura cosecha (AFC), se realizó con machete o hacha asegurándose de cortar tanto los bejucos delgados como los gruesos, incluyendo aquellos bejucos de árboles vecinos. Se contaron los bejucos cortados a partir de 2 cm de diámetro de cada árbol liberado.

3.2.5 Marcado de Árboles de Futura Cosecha (AFC)

Para determinar el efecto del marcado de AFCs en la muerte o daño severo por efecto del aprovechamiento forestal, los árboles comerciales y potenciales fueron marcados con pintura de color azul o cinta flagging de color llamativo aproximadamente a 1.70 m desde el nivel del suelo, por encima de la medición del DAP. Esto con la finalidad de que los operadores del skidder como los motosierristas puedan visualizar los AFC y evitar dañarlos en lo posible.

3.2.6 Anillamiento de árboles no comerciales

Se realizó con motosierra cortando un anillo completo de aproximadamente 2.5 cm de profundidad en la madera de árboles no comerciales. En el corte realizado se aplicó una porción de herbicida 2.4 D (ácido diclorofenóxico acético) para provocar la muerte lenta de los árboles seleccionados.

Las parcelas cuentan con sendas que facilitan las mediciones periódicas y mapeo de árboles. Asimismo cabe señalar que las parcelas fueron instaladas en agosto del 2003, y fueron aprovechadas el mismo año. La primera remediación se realizó después de un año, es decir en agosto del 2004. Consecutivamente la segunda remediación fue realizada en agosto del 2005. En total se han monitoreado 814 árboles comerciales de futura cosecha (AFC). El marcado de AFCs facilita la ubicación espacial dentro el bosque así como el mapeo mediante un sistema de coordenadas (X - Y). A lado sur de cada árbol se colocó una placa de aluminio con un único número que lo identifica del resto.

3.3 Análisis de datos

3.3.1 Estructura de la población de especies comerciales

Para determinar la estructura de la población de especies comerciales se consideraron a todos los individuos ($= > 10$ cm de DAP) y el DMC de las 22 especies comerciales actuales y potenciales definidas por la empresa SAGUSA en su Plan General de Manejo Forestal (PGMF). Se calculó el número total de árboles por cada tratamiento, se determinó el número de individuos que podían ser considerados AFC (individuos de especies comerciales que tienen buena calidad de fuste y copa). Se calculó el porcentaje de los AFCs, su área basal y densidad.

3.3.2 Análisis del Incremento Corriente Anual (ICA) de Árboles de Futura Cosecha (AFCs)

Inicialmente se calculó para cada individuo la tasa de incremento corriente anual (ICA) usando una regresión lineal entre las mediciones del DAP (variable dependiente) y las fechas en que se realizaron las mediciones (variable independiente). La pendiente de la regresión corresponde a la tasa de incremento diamétrico por día, la cual se multiplicó por 365 días para obtener la tasa de incremento diamétrico por año. Para determinar el efecto de los tratamientos silviculturales en el incremento diamétrico de AFCs. Los datos fueron agrupados por grupo comercial, clase diamétrica, gremio ecológico, infestación de bejucos y posición de copa. Para determinar las diferencias significativas entre el efecto de los tratamientos silviculturales en el crecimiento de AFCs se realizaron análisis de varianza (ANVA) al 95 % de confianza y la prueba de DUNCAN como prueba post-hoc. Para determinar el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales en el crecimiento de los AFCs, se realizaron ANVA de dos vías con corte de bejucos y gremio ecológico como factores, y la otra con anillamiento como factor.

3.3.3 Análisis del efecto del mercado de Árboles de Futura Cosecha (AFCs)

El porcentaje de AFC dañados y muertos durante el aprovechamiento fue calculado en función del total de árboles dañados y muertos que se encontraron en cada subparcela de 1 ha (4 subparcelas por tratamiento, 16 ha en total). El valor encontrado para cada subparcela fue promediado por tratamiento, de esta manera fue posible determinar el porcentaje promedio de árboles dañados o muertos por el aprovechamiento. La tasa anual de mortalidad de AFCs se calculó para cada tratamiento, el porcentaje de mortalidad se comparó con parcelas de similar intensidad de aprovechamiento. Para determinar la mortalidad se empleó la siguiente ecuación (Nebel *et al.* 2001):

$$t_m = (\ln(N_0) - \ln(N_0 - N_m)) / \Delta t$$

Donde:

Ln = Logaritmo natural.

N_0 = Número de individuos al comienzo del periodo t .

N_m = Número de individuos muertos en una determinada área.

Δt = Diferencia entre dos periodos de medición

4. RESULTADOS

4.1 Estructura de la población de especies comerciales

En las cuatro parcelas muestreadas se registró un total de 814 individuos entre 10 cm de diámetro altura pecho (DAP) y el diámetro mínimo de corta (DMC) incluyendo los árboles de futura cosecha (AFC) extras pertenecientes a 22 especies comerciales actuales y potenciales definidas por la empresa SAGUSA en su plan general de manejo forestal (PGMF) (ver Tabla 2). En las parcelas experimentales se encontró un total de 2158 árboles que corresponden a 22 especies comerciales, de las cuales sólo el 42 % fue considerado como AFC (especies comerciales de buena calidad del fuste y copa y DAP entre 10 cm y el DMC). La densidad promedio de AFC fue 20 árboles/ha, que representa un área basal promedio de 4.6 m²/ha, o el 43 % del área basal de especies comerciales (Tabla 5).

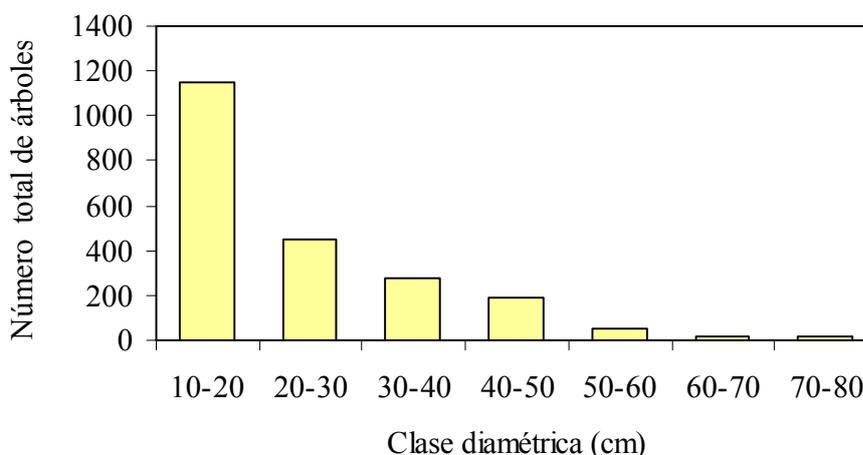


Figura 4. Distribución total de AFC por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo

Tabla 5.

Número de individuos, densidad y área basal de las 22 especies comerciales (actuales y potenciales) en un bosque Amazónico de Pando, Bolivia. Se presentan el número total de individuos censados en las parcelas experimentales, y el número de árboles que cumplieron con los requisitos para ser considerados AFC.

Tratamiento	Superficie. Tratamiento. (ha)	Número total de árboles censados	Número de AFC que cumplieron	% de AFC	Densidad de AFC/ha	Área basal AFC/ha (m ²)
Intensivo	27.4	598	259	68.2	22	1.6
Mejorado	25.9	531	208	71.0	21	1.2
Normal	26.4	379	117	74.5	14	0.5
Testigo	28.4	650	230	65.7	23	1.3
Total	108.1	2158	814	69.8	20	4.6

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo

La densidad de árboles considerados como AFC varía entre especies valiosas y potenciales. La especie con mayor densidad de AFC fue *Hevea brasiliensis* (3.91 árboles/ha), y la especie con menor densidad fue *Heisteria nitida* (0.06 árboles/ha). El porcentaje de individuos que pueden ser considerados como AFC varía entre 1 a 36 % dependiendo de la especie (Tabla 6).

Tabla 6.

Lista de especies valiosas y potenciales censadas en las parcelas del PISLP establecidas en un bosque amazónico en la concesión SAGUSA.

Nombre común	Nombre científico	N/ha	AFC/ha	AFC censados en 4 parcelas	% de AFC
<u>Especies valiosas</u>					
Almendrillo hoja grande	<i>Dipteryx odorata</i>	0.49	0.33	7	12
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	0.43	0.34	22	36
Masaranduba	<i>Manilkara bidentata</i>	0.79	0.63	33	33
Almendrillo hoja chica	<i>Apuleia leiocarpa</i>	2.46	1.69	44	14
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	1.36	1.12	44	22
Tajibo amarillo	<i>Tabebuia</i> sp.	2.76	2.64	108	18
<u>Especies potenciales</u>					
Yesquero	<i>Cariniana</i> sp.	0.20	0.16	3	4
Itauba negra	<i>Heisteria nitida</i>	0.07	0.06	2	1
Cacha	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	0.19	0.16	6	24
Mapajo	<i>Ceiba pentandra</i>	0.46	0.28	7	10
Toco colorado	<i>Parkia pendula</i>	0.30	0.24	8	23
Paquío	<i>Hymenaea courbaril</i>	0.34	0.29	9	21
Mapajillo	<i>Ceiba samauma</i>	0.68	0.57	20	25
Verdolago	<i>Terminalia amazonica</i>	1.40	1.22	23	12
Bitumbo colorado	<i>Couratari macrosperma</i>	1.84	1.50	26	11
Toco blanco	<i>Enterolobium</i> sp.	1.25	0.86	28	12
Cuta	<i>Astronium lecointei</i>	0.58	0.51	33	33
Paquiocillo	<i>Hymenaea parvifolia</i>	0.91	0.70	36	33
Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	1.99	1.12	45	20
Mururé	<i>Clarisia racemosa</i>	3.05	2.74	67	14
Amarillo	<i>Aspidosperma vargasii</i>	4.01	3.81	88	15
Siringa	<i>Hevea brasiliensis</i>	4.04	3.91	155	26

Fuente: Elaboración propia, con datos de campo

4.2 Incremento diamétrico de árboles de futura cosecha (AFC) por tratamiento

La tasa de crecimiento de los AFCs varía significativamente con el tratamiento (ANVA, $F = 3.782$, $P=0.01$), encontrándose menor incremento diamétrico promedio (0.30 cm/año), en el tratamiento normal, mientras que en los otros tratamientos se registraron incrementos similares (Figura 5).

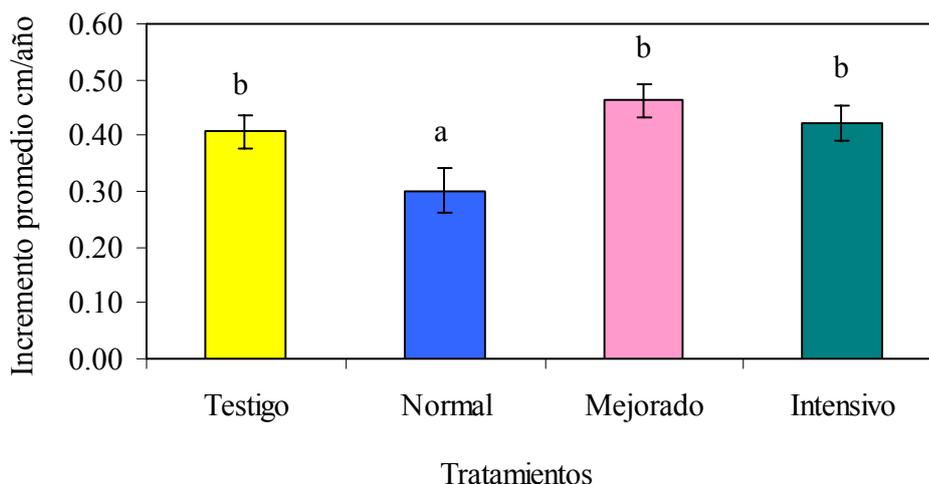


Figura 5. Incremento diamétrico (cm/año) de los AFC por tratamientos. Datos son promedio y error estándar. Columnas con diferentes letras difieren significativamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, con datos analizados.

El incremento diamétrico de especies comerciales muy valiosas varía significativamente con el tratamiento (ANVA; $F= 3.238$, $P= 0.023$). Estas especies registraron un mayor crecimiento en el tratamiento mejorado, pero presentaron valores similares en los tratamientos intensivo, normal y testigo (Figura 5). De igual forma las especies poco valiosas mostraron diferencias significativas en crecimiento entre los diferentes tratamientos (ANVA; $F= 2.753$, $P= 0.042$). El tratamiento normal tuvo el valor más bajo en incremento diamétrico, mientras que los otros tratamientos presentaron valores altos de incremento diamétrico (Figura 6).

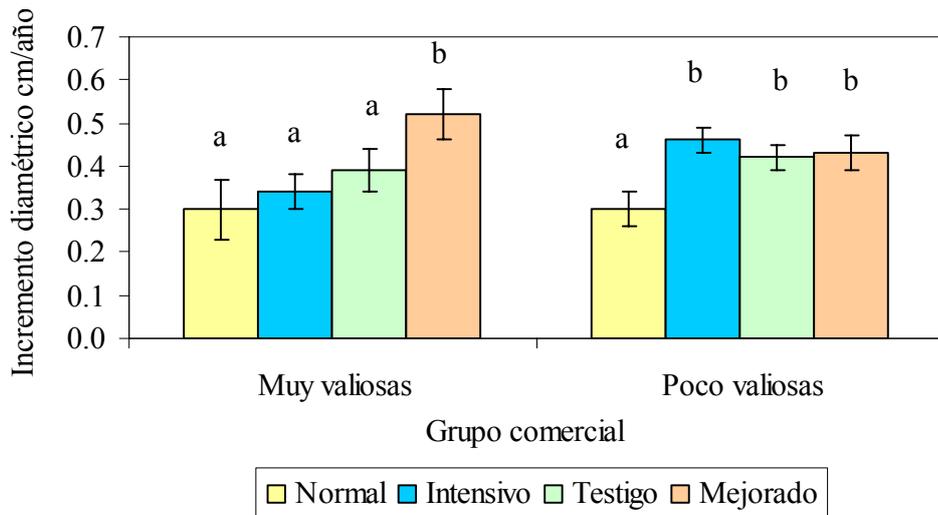


Figura 6. Incremento diamétrico (cm/año) de AFC de especies comerciales muy valiosas y poco valiosas. Datos son promedio del ICA y error estándar por especie. Letras diferentes significativamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados

Al agrupar las parcelas en parcelas tratadas (mejorado e intensivo) y no tratadas (testigo y normal), difieren significativamente entre si en términos de crecimiento ($F = 5.317$, $P=0.021$), encontrándose en las parcelas tratadas mayor incremento diamétrico, mientras que las parcelas no tratadas presentaron menor incremento (Figura 7).

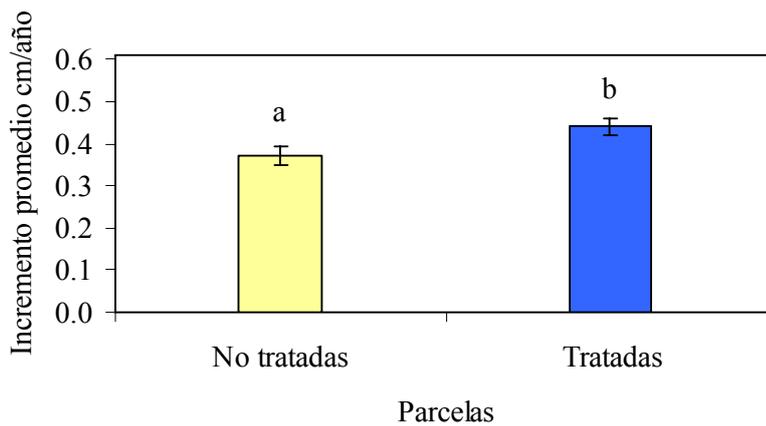


Figura 7. Incremento diamétrico (cm/año) de AFC en parcelas tratadas y no tratadas. Datos son promedio del ICA y error estándar (EE). Columnas con letras diferentes difieren significativamente entre sí.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

Las especies con mayores incrementos diamétricos en las parcelas tratadas fueron toco colorado (*Parkia pendula*, 1.37 cm/año), toco blanco (*Enterolobium* sp. 0.99 cm/año) y mapajo (*Ceiba pentandra*, 0.93 cm/año). Las especies con menor incremento diamétrico fueron: mapajillo (*Ceiba samauma*, 0.11 cm/año), masaranduba (*Manilkara bidentata*, 0.28 cm/año) y cuta (*Astronium lecointei*, 0.25 cm/año). En las parcelas no tratadas las especies con mayores incrementos diamétricos fueron cedro (*Cedrela odorata*, 0.74 cm/año), castaña (*Bertholletia excelsa*, 0.68 cm/año) y toco blanco (*Enterolobium* sp. 0.64 cm/año). Las especies con menor incremento diamétrico fueron cuta (*Astronium lecointei* con 0.10 cm/año) y mapajo (*Ceiba pentandra* 0.11 cm/año) (Tabla 7).

Tabla 7.

Tasa de incremento diamétrico por especie y tipo de parcelas (tratadas y no tratadas). Datos son promedio del (ICA) y error estándar (EE).

Nombre común	Nombre científico	Parcelas tratadas			Parcelas no tratadas		
		Número de AFC	ICA	EE	Número de AFC	ICA	EE
Almendrillo hoja grande	<i>Dipteryx odorata</i>	4	0,39	0,10	3	0,46	0,16
Almendrillo hoja chica	<i>Apuleia leiocarpa</i>	28	0,46	0,22	16	0,22	0,03
Amarillo	<i>Aspidosperma vargasii</i>	30	0,32	0,16	58	0,22	0,10
Bitumbo colorado	<i>Couratari macrosperma</i>	20	0,35	0,11	6	0,29	0,12
Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	12	0,70	0,19	33	0,68	0,27
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	17	0,83	0,28	27	0,74	0,14
Cuta	<i>Astronium lecointei</i>	2	0,25	0,12	31	0,10	0,00
Mapajillo	<i>Ceiba samauma</i>	15	0,11	0,00	5	0,41	0,21
Mapajo	<i>Ceiba pentandra</i>	5	0,93	0,00	2	0,11	0,10
Masaranduba	<i>Manilkara bidentata</i>	5	0,28	0,13	28	0,15	0,08
Mururé	<i>Clarisia racemosa</i>	47	0,46	0,21	20	0,39	0,09
Paquió	<i>Hymenaea courbaril</i>	4	0,46	0,11	5	0,59	0,44
Paquiocillo	<i>Hymenaea parvifolia</i>	8	0,43	0,16	28	0,38	0,16

Continúa tabla 7.

Nombre común	Nombre científico	Parcelas tratadas			Parcelas no tratadas		
		Número de AFC	ICA	EE	Número de AFC	ICA	EE
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	5	0,72	0,34	17	0,37	0,19
Siringa	<i>Hevea brasiliensis</i>	50	0,42	0,10	105	0,37	0,11
Tajibo amarillo	<i>Tabebuia</i> sp.	45	0,26	0,07	63	0,21	0,09
Toco blanco	<i>Enterolobium</i> sp.	17	0,99	0,30	11	0,64	0,30
Toco colorado	<i>Parkia pendula</i>	6	1,37	0,00	2	0,43	0,15
Verdolago	<i>Terminalia amazonica</i>	19	0,34	0,17	4	0,29	0,34
Total		347	0,46	0,02	467	0,37	0,39

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo

4.3 Incremento diamétrico por clase diamétrica

La tasa de incremento diamétrico, a nivel general, considerando todos los árboles varía según las clases diamétricas (ANVA de dos vías, $F= 2.414$, $P= 0.048$) pero no entre los tratamientos (ANVA de dos vías, $F= 1.398$, $P= 0.242$), y no existió una interacción entre las clases diamétricas y tratamientos (ANVA de dos vías, $F= 1.131$, $P= 0.331$). La categoría de tamaño (10 – 20 cm de DAP) difirió del resto de las clases diamétricas, siendo esta categoría la que presentó menor incremento diamétrico (Figura 8).

Al hacer un análisis de cada una de las clases diamétricas, se encontró que la clase diamétrica de (20 – 30 cm DAP) tuvo diferencias significativas entre tratamientos (ANVA, $F= 4.656$, $P= 0.04$), mostrando mayor ICA en los tratamientos intensivo, mejorado, y menor ICA en el tratamiento normal, mientras que el tratamiento testigo mostró valores intermedios. En cambio, las otras clases diamétricas (10 – 20, y las > a 30 cm DAP) no presentaron diferencias entre los tratamientos (Figura 8).

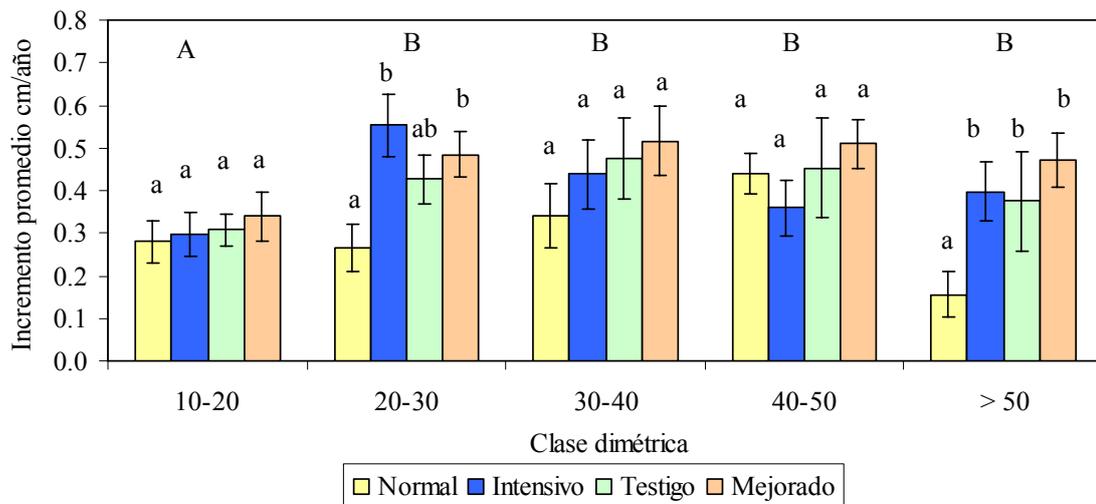


Figura 8. Incremento diamétrico (cm/año) de dos factores por tratamiento y clases diamétricas. Datos son promedio del ICA y error estándar (EE). Letras diferentes en mayúscula indican diferencias significativas a nivel de clases diamétricas. Letras diferentes en minúscula indican diferencias significativas entre tratamientos en cada clase diamétrica.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

4.4 Incremento diamétrico por gremio ecológico

El incremento diamétrico entre gremios ecológicos difirió significativamente (ANVA, $F=7.45$, $P=0.0006$), donde las heliófitas durables y las esciófitas parciales tuvieron un mayor incremento diamétrico que las esciófitas totales (Figura 13). Haciendo un análisis de cada uno de los gremios ecológicos se encontró que las esciófitas parciales presentaron diferencias significativas entre tratamientos (ANVA, $F=4.000$, $P=0.0080$), mostrando mayor ICA en los tratamientos intensivo, mejorado y testigo, con relación al tratamiento normal. En cambio los gremios esciófita total y heliófita durable no presentaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos (Figura 9).

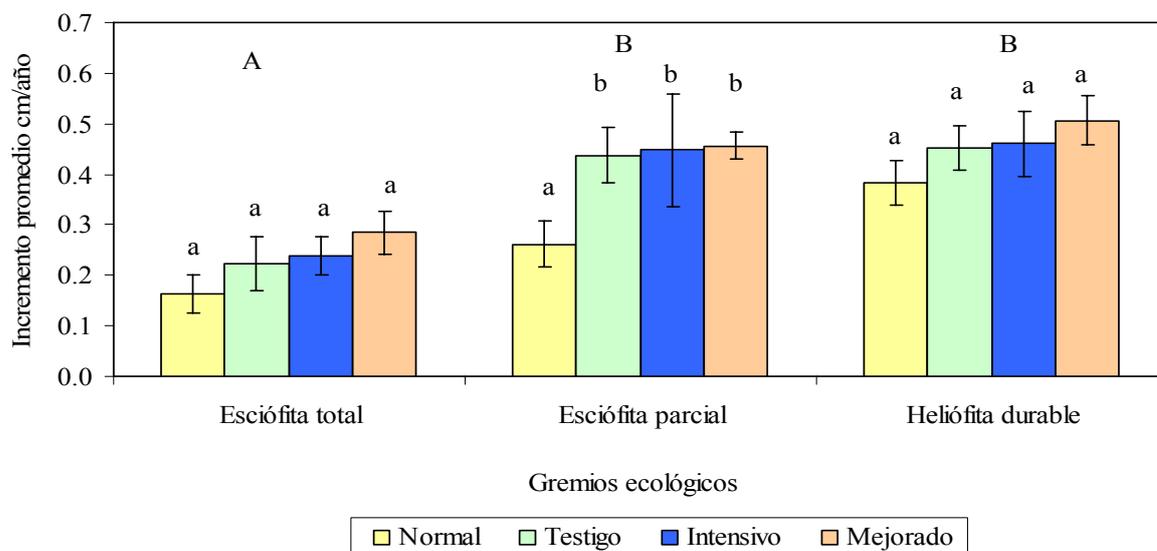


Figura 9. Incremento diamétrico (cm/año) por tratamiento y gremio ecológico.

Datos son promedio del ICA y error estándar (EE).

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

4.5 Incremento diamétrico e infestación de bejucos en AFC

El grado de infestación de bejucos influyó negativamente en el incremento diamétrico de los árboles (ANVA; $F= 6.611$, $P= 0.0001$). A medida que el grado de infestación de bejucos aumentó, (categoría 4) disminuyó el incremento diamétrico (Figura 10).

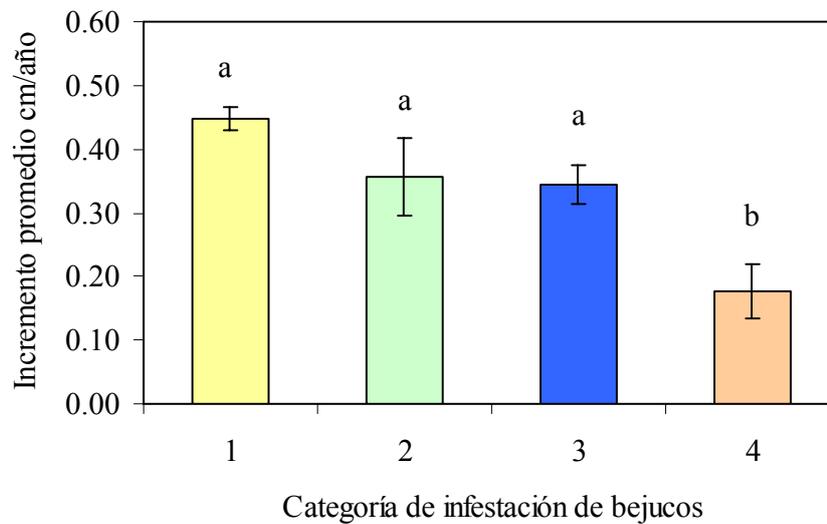


Figura 10. Tasa de incremento diamétrico considerando cuatro categorías de infestación de bejucos (1. libre, 2. bejucos en el fuste, 3. bejucos en el fuste y copa, 4. bejucos en el fuste y copa afectando el crecimiento). Datos son promedio del ICA, error estándar (EE).

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

4.6 Efecto del corte de bejucos en el crecimiento de AFC

Se cortaron siete bejucos en promedio por cada árbol de futura cosecha. La especie *Hevea brasiliensis* fue la especie a la que se cortó mayor cantidad de bejucos. Se liberaron 52 árboles de *Hevea brasiliensis*, lo que significó cortar un total de 440 bejucos (8.2 bejucos por árbol). Por otro lado, la especie a la que se tuvo que cortar más bejucos por árbol fue *Dypterix odorata* (13.5 bejucos por árbol) (Cuadro 8).

Cuadro 8.

Árboles de futura cosecha (AFC) liberados de bejucos. Datos son promedio de bejucos cortados por árbol, e incremento diamétrico promedio ICA en (cm/año).

Nombre vulgar	Nombre científico	Nº árboles liberados	Bejucos cortado	Bejucos cortados por árbol	ICA (cm/año)
Almendrillo hoja chica	<i>Apuleia leiocarpa</i>	7	45	6,5	0,39
Almendrillo hoja grande	<i>Dipteryx odorata</i>	2	27	13,5	0,36
Amarillo	<i>Aspidosperma vargasii</i>	38	256	6,15	0,18
Bitumbo	<i>Couratari macrosperma</i>	1	3	3	0,16
Cacha	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	1	6	6	0,44
Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	19	125	7,4	0,57
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	19	200	10,5	0,96
Cuta	<i>Astronium lecointei</i>	19	168	7,95	0,18
Mapajillo	<i>Ceiba samauma</i>	1	2	2	0,17
Mapajo	<i>Ceiba pentandra</i>	1	2	2	0,94
Masaranduba	<i>Manilkara bidentata</i>	20	88	4,35	0,35
Mururé	<i>Clarisia racemosa</i>	10	60	6	0,46
Paquió	<i>Hymenaea courbaril</i>	4	28	6,35	0,32
Paquiocillo	<i>Hymenaea parvifolia</i>	19	212	11	0,44
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	8	45	5,75	0,64
Siringa	<i>Hevea brasiliensis</i>	52	440	8,25	0,36
Tajibo amarillo	<i>Tabebuia</i> sp.	33	265	8,3	0,21
Toco blanco	<i>Enterolobium</i> sp.	5	35	5,15	0,83
Toco colorado	<i>Parkia pendula</i>	1	4	4	1,26
Verdolago	<i>Terminalia amazonica</i>	2	4	2	0,17
Total		262	2015	7.0	0,45

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

El incremento diamétrico de los AFC fue afectado por el corte de bejucos (ANVA de dos vías; $F= 8.227$ $P= 0.0001$) y por el gremio ecológico (ANVA de dos vías, $F= 11.563$, $P= 0.0001$). El mayor incremento diamétrico promedio fue observado en los árboles libres de bejucos de forma natural, seguido del incremento diamétrico de árboles con corte de

bejucos. Por otra parte, el incremento diamétrico promedio más bajo correspondió a los árboles con bejucos (árboles no tratados). En términos de gremios ecológicos, se encontró que las esciófitas totales presentaron un incremento bajo, en cambio las heliófitas durables y las esciófitas parciales tuvieron un incremento diamétrico similar (Figura 11). No se encontró una interacción entre los tratamientos de corta de bejucos y los gremios (ANVA de dos vías, $F= 0.701$, $P= 0.592$).

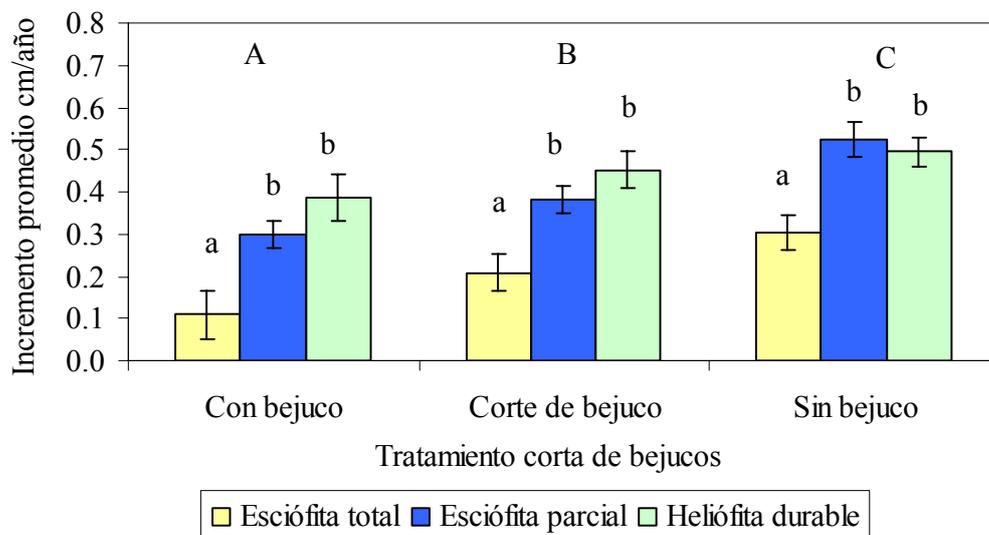


Figura 11. Incremento diamétrico por efecto de corte de bejucos y gremio ecológico. Datos son promedio del ICA y error estándar (EE). Letras en mayúscula indican diferencias significativas entre tratamientos de corta de bejucos. Letras en minúscula indican diferencia significativa entre gremios dentro de cada categoría de tratamiento de corta de bejucos.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

4.7 Tasa de crecimiento promedio de AFC por posición de copa

El incremento diamétrico disminuye a medida que la copa de los árboles reciben menos luz o que reciben sólo luz indirecta (ANVA; $F= 7.963$ $P= 0.0001$). El menor incremento diamétrico se observó en la categoría 5 (sin luz directa), mientras que el mayor incremento ocurrió en la categoría 1 (emergente) y en la categoría 2 (plena luz vertical) (Figura 12).

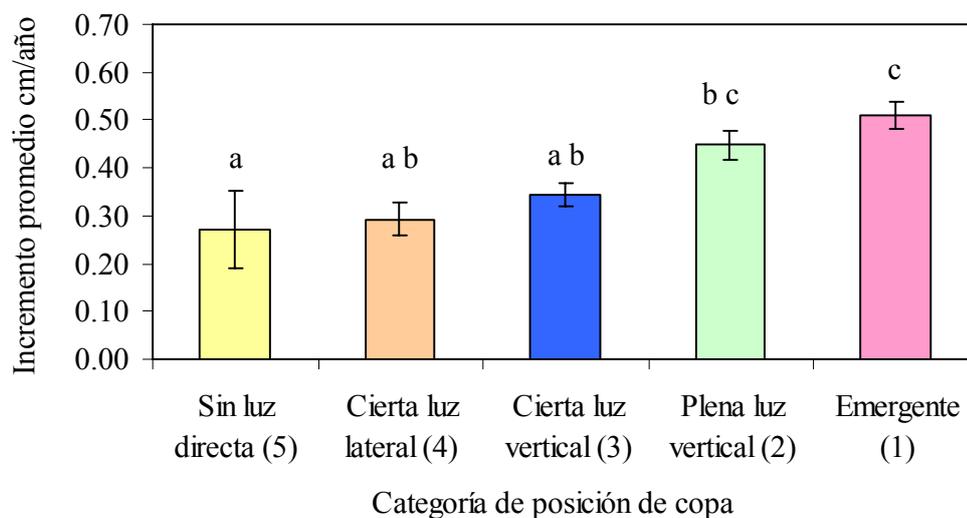


Figura 12. Incremento diamétrico por posición de copa. Datos son promedio del ICA y error estándar (EE). Columnas con letras diferentes difieren significativamente entre si.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

4.8 Tasa de crecimiento promedio de los AFC por anillamiento

La aplicación del tratamiento de liberación por anillamiento benefició a 17 AFC que se encuentran entre las clases diamétricas de 10 – 30 cm de DAP. La efectividad del tratamiento anillado fue de 53,9 %, ya que nueve de los 17 árboles anillados murieron (el resto seguía vivo después de 3 años de aplicado el tratamiento). En cambio, el aprovechamiento liberó en total a 14 AFC, de los cuales nueve árboles se encuentran en el tratamiento intensivo, tres en el normal y dos en el mejorado.

Las diferentes categorías del tratamiento de anillamiento fueron significativos en sus tasas de incremento diamétrico (ANVA; $F= 8.377$ $P= 0.0001$). Sin embargo, el anillamiento de árboles que dan sombra a los AFC no tuvo el resultado esperado, ya que los árboles que fueron liberados tuvieron las menores tasas de incremento diamétrico. Asimismo, los árboles libres de forma natural y liberados por el aprovechamiento no tienen diferencias significativas. Los árboles tapados presentaron un incremento diamétrico intermedio (Figura 13).

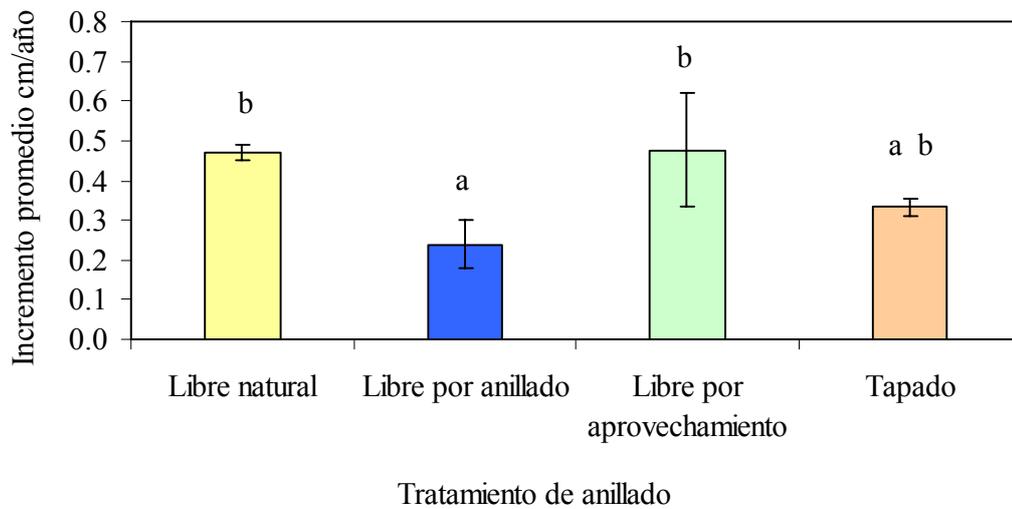


Figura 13. Efecto de la liberación de los AFC en la tasa de incremento diamétrico promedio general. Datos son promedio del ICA por anillamiento y error estándar (EE).

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

4.9 Análisis del efecto del marcado de AFC

El porcentaje de árboles muertos y dañados por causa del aprovechamiento variaron entre tratamientos. El porcentaje de AFC marcados que murieron o fueron dañados durante el aprovechamiento en el tratamiento mejorado fue de 2.4 %, en el tratamiento intensivo fue 3.5 %. En cambio, en el tratamiento normal donde no se hizo el marcado de AFC el porcentaje de daño fue el doble igual a 5.1 % (Figura 14). Cabe mencionar que la intensidad de aprovechamiento fue la misma en el tratamiento normal y mejorado (1.4 árboles/ha), mientras que en el tratamiento intensivo la intensidad de aprovechamiento fue el doble (2.5 árboles/ha).

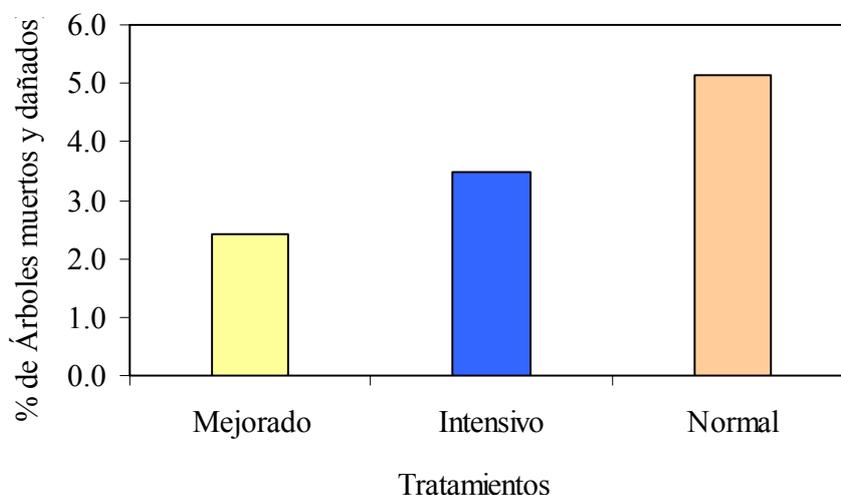


Figura 14. Porcentaje de árboles muertos y dañados por causa del aprovechamiento por tratamiento.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

La tasa anual de mortalidad natural fue 0.97 % para todos los AFC. Comparando la mortalidad natural entre tratamientos, el testigo reportó mayor porcentaje de mortalidad (1.30 % anual), seguido del tratamiento mejorado (1.10 % anual), y el tratamiento normal (0.93 % anual) y finalmente el tratamiento intensivo (0.88 % anual). De las 22 especies comerciales evaluadas sólo 10 especies tuvieron individuos que murieron durante el periodo de evaluación. Las especies con mayor porcentaje de mortalidad fueron *Tabebuia* sp., *Apuleia leiocarpa*, *Amburana cearensis* y *Enterolobium* sp. (Cuadro 9).

Tabla 9.

Mortalidad natural de las diez especies con mayor porcentaje de mortalidad a nivel general de tratamientos en un bosque Amazónico de Pando – Bolivia. Datos son en base al número de árboles muertos durante 2003 a 2005.

No	Nombre común	Especie	Mortalidad natural
			(%)
1	Tajibo amarillo	<i>Tabebuia</i> sp.	11.87
2	Almendrillo hoja chica	<i>Apuleia leiocarpa</i>	6.45
3	Roble	<i>Amburana cearensis</i>	4.74
4	Toco blanco	<i>Enterolobium</i> sp.	4.74
5	Siringa	<i>Hevea brasiliensis</i>	3.70
6	Paquiocillo	<i>Hymenaea parvifolia</i>	3.30
7	Verdolago	<i>Terminalia amazonica</i>	2.65
8	Mururé	<i>Clarisia racemosa</i>	2.32
9	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	2.32
10	Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	1.97

Fuente: Elaboración propia, en base a datos analizados.

5. DISCUSIONES

5.1 Estructura de la población

La mayoría de los AFC registrados el 69% de los individuos de la muestra son codominantes en el bosque amazónico, compuesto principalmente por especies como *Clarisia racemosa*, *Aspidosperma vargasii* y *Cedrela odorata*. El restante 31 % de los individuos son dominantes, como las especies *Hevea brasiliensis*, *Tabebuia* sp. y *Bertholletia excelsa*. En el presente estudio la especie más abundante y emergente fue *Hevea brasiliensis* seguido de *Cedrela odorata*. Estos resultados son similares a los reportados por Alverson *et al.* (2000), que indica que *Hevea brasiliensis* está entre las 10 especies más abundantes y dominantes del bosque amazónico.

El porcentaje de árboles considerados como AFC varía según los tratamientos. El mayor porcentaje se registró en el tratamiento testigo 54.6 %, seguido del intensivo con 47.8 %. La densidad general fue 7.5 AFCs/ha y varió entre especies. De las especies que actualmente aprovecha la empresa presentaron densidad baja de AFCs/ha, *Dipteryx adorata*, *Amburana cearensis*, *Manilkara bidentata*, mientras que la especie con alta densidad fue *Tabebuia* sp. De igual manera se observó en las especies potenciales que *Hevea brasiliensis* y *Aspidosperma vargasii*, son las especies con densidades altas, mientras que *Heisteria nitida*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Cariniana* sp y *Parkia pendula* son especies con densidades muy bajas. No se encontró información bibliográfica de otros estudios sobre densidad de AFC. Sin embargo la densidad de AFC por gremio ecológico también varió entre gremios, la mayor densidad de AFC se encontró en el gremio heliófita durable con 3.3 árboles/ha, seguido del gremio esciófitas parciales con 3.2 árboles/ha, y finalmente 1 árbol/ha en el gremio esciófita total.

5.2 Crecimiento de Árboles de Futura Cosecha (AFC)

La tasa de incremento diamétrico de los AFC varía con el tratamiento aplicado. Contrario a lo esperado, los tratamientos mejorado, intensivo y testigo reportaron incrementos diamétricos similares entre (0.40 a 0.42 cm/año), mientras que el tratamiento normal

reportó un menor incremento diamétrico (0.30 cm/año). Sin embargo el presente estudio contradice este supuesto genérico. Un estudio realizado en las mismas parcelas, Licona, (2007). Consideró todos los árboles censados, encontró que el tratamiento testigo y el tratamiento normal tuvieron mayor incremento diamétrico (0.43 cm/año) mientras que el tratamiento mejorado e intensivo tuvieron menor incremento diamétrico (0.38 cm/año). Se espera que los AFC tengan una mayor tasa de crecimiento que los árboles en general debido a las buenas características de calidad, fuste y forma de copa. Dauber *et al.* (2003), encontró que los árboles considerados como AFC tuvieron mayor tasa de crecimiento que los árboles en general.

Los resultados de incremento diamétrico por especie indican que la tasa de crecimiento varía entre las especies consideradas. En este estudio se encontró que *Cedrela odorata* tuvo el mayor incremento (0.80 cm/año), mientras que *Manilkara bidentata* y *Astronium lecointei* tuvieron el menor incremento (0.23 cm/año). Dauber *et al.* (2003), encontró también diferencias en el incremento diamétrico entre las especies, lo que indica que las especies pueden ser agrupadas por su tasa de crecimiento como fue propuesto por Finegan, (1997). Cabe mencionar que de las siete especies en común entre este estudio y el estudio de Dauber *et al.* (2003), solo una especie (*Apuleia leiocarpa*) presenta tasas de incremento diamétrico iguales en ambos estudios. Estos resultados sugieren que es importante realizar un monitoreo continuo de las parcelas permanentes para obtener datos confiables para todas las especies comerciales. Asimismo, la diferencia encontrada en incrementos diamétricos entre este estudio y el de Dauber *et al.* (2003), indica que es necesario aplicar los tratamientos silviculturales en el campo y a escala operativa para realmente saber como responden las especies a los mismos (parcelas no tratadas corresponden al filtro 3 y las parcelas tratadas corresponden al filtro 5).

Las especies comerciales agrupadas en gremios ecológicos muestran diferencias en su incremento diamétrico. Las especies clasificadas como heliófitas durables y esciófitas parciales tuvieron un mayor incremento diamétrico que las esciófitas totales. Esto concuerda con otros estudios donde encontraron el mismo patrón de incremento diamétrico

según su gremio ecológico (Licona, 2007). Finalmente, cabe mencionar que los resultados presentados en este estudio y los generados por otros estudios, sugieren que es necesario conocer la dinámica de la especie que se quiere manejar para poder determinar los tratamientos silviculturales adecuados para promover su crecimiento.

El incremento diamétrico por categoría de tamaño encontró mayores incrementos en las clases diamétricas mayores a 20 cm DAP. El menor incremento diamétrico ocurrió en las categorías de 10 – 20 cm DAP, probablemente debido a que estos individuos fueron suprimidos. Otros estudios con similares resultados (Poorter *et al.* 2001; IBIF, 2005; Licona, 2007), sugieren que ocurre un óptimo de crecimiento en las clases diamétricas intermediarias (20 – 50 cm DAP).

5.3 Efecto del corte de bejucos en el incremento diamétrico de los AFC

En este estudio se encontró un mayor incremento diamétrico en AFC libres de bejuco de forma natural (0.44 cm/año), mientras que los árboles infestados de bejucos presentaron un crecimiento que varía con el grado de infestación. Diversos estudios señalan que la infestación de bejucos tiene un efecto negativo en el crecimiento de los árboles (Putz, 1983; Evans *et al.* 2003; Uslar, *et al.* 2003; Licona, 2007).

El tratamiento silvicultural de corte de bejucos logró aumentar el incremento diamétrico de los AFC de 0.30 cm /año (árboles con bejucos) a 0.40 cm/año (árboles con corta de bejucos) Los árboles crecen más rápido cuando no presentan bejucos. Los resultados encontrados en el presente estudio coinciden con otros estudios realizados en PISLP (Evans *et al.* 2003; Licona, 2007), lo que indica que uno de los tratamientos silviculturales más eficientes para incrementar la tasa de crecimiento es el corte de bejucos. Como el corte de bejucos es un tratamiento silvicultural sencillo y de fácil su aplicación, se recomienda su aplicación en árboles comerciales que serán aprovechados en el siguiente ciclo de corta.

5.4 Efecto del anillamiento en el incremento diamétrico de los AFC

El anillamiento de árboles que compiten por recursos con los AFC no tuvo el efecto esperado, ya que los AFC favorecidos por el anillado tuvieron el menor incremento diamétrico hasta el momento y quedaría verificar que ocurre después. Este resultado no es concluyente ya que sólo se anillaron 17 árboles en total (11 en el tratamiento mejorado y 6 árboles en el intensivo), de los cuales sólo murieron siete. Las causas para que los anillados no mueran probablemente sea por el corte de anillado muy superficiales, o la mezcla de la solución de herbicida muy acuosa o talvez estos árboles necesitan más tiempo para morir ya que en un bosque chiquitano seco la mitad de los AFC anillados murieron en el año 2 y en el año 3 y 4 murieron todos los AFC anillados. El tratamiento tuvo 41 % de efectividad, más de la mitad de los árboles no fueron en realidad liberados, y como la mayoría de los árboles que se quería liberar se encontraban en las clases diamétricas de 10 – 30 cm DAP que son las clases que presentan las menores tasas de crecimiento no se distinguió el incremento deseado. Ohlson, *et al.* (2003) en un estudio de tratamientos alternativos de anillamiento y aplicación de herbicidas para la liberación y mejora de rodales en bosques tropicales de Bolivia obtuvo 90 % de efectividad en anillado en época seca y 97.5% de efectividad en época de lluvia. A pesar que las especies de los diferentes gremios ecológicos respondieron positivamente al anillamiento, las heliófitas durables y las esciófitas parciales respondieron mucho mejor que las esciófitas totales. Los árboles que respondieron de manera positiva son precisamente especies intolerantes a la sombra dependen de la radiación solar para su crecimiento, en cambio los árboles de crecimiento lento corresponden a especies tolerantes a la sombra, estos resultados obtenidos son como se esperaba según las características de cada gremio. Estos resultados sugieren nuevamente que es de suma importancia conocer la dinámica de la especie que se quiere manejar para poder determinar los tratamientos silviculturales adecuados para promover su crecimiento. Se puede concluir que los resultados obtenidos en el presente estudio no permiten realmente evaluar el efecto de este tratamiento silvicultural en este tipo de bosque. Sin embargo, probablemente el anillamiento resulte en un mayor incremento diamétrico puesto que los árboles liberados por el aprovechamiento, si aumentaron su tasa de crecimiento en

comparación a los árboles tapados y alcanzaron valores similares a los árboles libres naturalmente.

5.5 Análisis del efecto del mercado de AFC

El efecto del mercado de AFC para disminuir el daño causado durante el aprovechamiento con la misma intensidad de corta tuvo el efecto esperado. El tratamiento mejorado con mercado de AFC reportó 2.4 % de árboles muertos y dañados, mientras que en el tratamiento normal, sin mercado de AFC, los daños fueron de 5.1 %. Comparando los porcentajes de ambos tratamientos se halló una diferencia de 2.7 %. Por lo tanto, la marcación de AFCs disminuyó los daños considerablemente. En otras palabras, hay un aumento del 2.7 % en el número de árboles a ser aprovechados en el siguiente ciclo de corta.

Por su parte el tratamiento intensivo con doble intensidad de aprovechamiento reportó 3.5 % de árboles muertos y dañados. Este porcentaje es mayor con relación al tratamiento mejorado. Sin embargo este porcentaje sigue siendo menor con relación al tratamiento normal, lo que sugiere que la marcación de AFC es todavía efectiva mismo cuando se aumenta la intensidad de aprovechamiento. El mercado de AFC fue también una práctica que resultó en un menor porcentaje de AFC muerto o dañado en un bosque de transición chiquitano amazónico. Krueger, (2003); encontró en un bosque de la transición chiquitana amazónica una reducción del daño en 20 % en claros de aprovechamiento y en un 10 % en pistas de arrastre, Jackson *et al.* (2000), reportaron que las operaciones de aprovechamiento forestal matan y dañan gravemente a 6 árboles comerciales potenciales como promedio, por cada árbol extraído. Mostacedo *et al.* (2006), menciona que la probabilidad de daño entre AFC marcados y no marcados es cerca del 10 % a menor diámetro mayor probabilidad de daño. Es en este sentido que los resultados del presente estudio demuestran la importancia que representa del mercado de AFC a escala operativa.

La tasa anual de mortandad natural promedio general en los AFC del presente estudio fue 0.97 %, esta mortalidad general esta por debajo de otros estudios similares. La tasa de mortalidad natural de árboles en los bosques tropicales normalmente oscila entre 1 y 3%

(Nebel, *et al.*, 2001). Dauber *et al.* (2003), reportó 2.05 % de mortalidad natural en la amazonía, Licona, (2007) reportó 2.38 %. Fessy, (2007) en un estudio realizado en la ecoregión preandino amazónico en las localidades de Ixiamas y Tumupasa, obtuvo tasas de mortalidad natural de 1.9 %. Es posible que las diferencias de porcentaje encontradas se deban a que los AFC son árboles que tienen mejores condiciones de forma de copa y fuste, lo que probablemente les da una ventaja competitiva con el resto de los árboles en general.

La tasa de mortalidad causada por el aprovechamiento forestal calculada en el presente estudio fue de 2.91 %, este valor está por debajo de otros estudios similares. Por ejemplo, Licona, (2007) reportó 4.84 % de mortalidad a causa del aprovechamiento, Fessy, (2007), reportó 5.1 % de mortalidad. La diferencia de mortalidad encontrada en el presente estudio se debe al marcado de árboles comerciales actuales y potenciales en el campo y el empleo de técnicas adecuadas durante el aprovechamiento.

6. CONCLUSIÓN

La pregunta que todos se hacen es si el sistema actual de manejo forestal garantiza realmente la sostenibilidad del bosque en el sentido económico y ecológico. Existen alternativas de sistemas silviculturales a través de la regeneración avanzada es decir, los bosques deben contar con existencias adecuadas de árboles de futura cosecha (AFC) antes del aprovechamiento. La aplicación de tratamientos silviculturales es una posibilidad que los manejadores forestales pueden emplear para alcanzar la sostenibilidad del bosque.

El mercado de árboles de valor comercial de futura cosecha (AFC) es una actividad sencilla y rápida y de gran potencial para mitigar los daños. El mercado de AFC resulta en una reducción del porcentaje de árboles dañados y muertos durante el aprovechamiento. Los resultados encontrados en este estudio manifiestan la importancia del mercado de AFC en el campo antes del aprovechamiento, con el fin de reducir los daños sobre los árboles comerciales actuales y potenciales.

El corte de bejucos a escala operativa es una practica silvicultural sencilla y de fácil aplicación, que tiene efecto en el incremento diamétrico de los AFC. Sin embargo el análisis de corta de bejucos por tratamiento no fue concluyente, pero cuando vimos parcelas tratadas conjunto de tratamientos y no tratadas se pudo verificar la validez del tratamiento de corta de bejucos en el incremento diamétrico. Además parece ser que en este tipo de bosque la muerte de los bejucos es más o que los árboles responden con atraso al tratamiento.

A pesar de que el tratamiento anillado no muy concluyente, se esperaba que los AFC liberados aumenten en crecimiento diamétrico. Sin embargo, el hecho de que los árboles liberados por el aprovechamiento respondieron positivamente a la liberación, sugiere que el anillamiento de árboles competidores puede resultar en un mayor incremento diamétrico de AFC.

Desde el punto de vista de sostenibilidad y manejo de forestal las densidades bajas de AFCs tendría implicaciones para el manejo, ya que si no existen un número adecuado de AFCs de una determinada especie es muy posible que la especie no pueda ser aprovechada en el siguiente ciclo de corta.

Los resultados encontrados en el presente estudio indican la importancia de la aplicación de los tratamientos silviculturales en el bosque amazónico. La preservación de árboles de futura cosecha se traduce en ganancias potenciales para el siguiente ciclo de corta. La liberación, ya sea de bejucos o de otros árboles competidores, puede ayudar al crecimiento de los árboles comerciales y potenciales y puedan alcanzar el diámetro mínimo de corta en el tiempo más corto posible.

7. RECOMENDACIONES

- Tener cuidado en la ubicación e instalación de las parcelas permanentes en el terreno, principalmente en la elección de sitios en condiciones abióticas similares, para realizar una mejor comparación del efecto de los diferentes tratamientos silviculturales en el incremento diamétrico por parcela.
- En el momento de efectuar el tratamiento silvicultural de liberación (anillado) se recomienda al personal técnico determinar una cantidad suficiente de AFC que se beneficien con la liberación, de tal manera que la muestra permita realizar comparaciones y análisis estadísticos.
- Durante la toma de datos de campo se deberá contar con buenos asistentes de campo para la identificación del nombre común de las especies, con preferencia que estas personas sean del lugar. Las consecuencias por identificaciones incorrectas influye en la calidad de los resultados.
- Es necesario aumentar el número de replicas de parcelas permanentes experimentales en el bosque amazónico para efectuar comparaciones de dinámica con diferente intensidad de aprovechamiento y aplicación silvicultural.

8. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Alvira, D., F. E. Putz y T. S. Fredericksen. 2002. Infestación de lianas en árboles maderables y efectos de la corta de lianas en su densidad y regeneración en un bosque subhúmedo de Bolivia. Resúmenes del VIII Congreso Latinoamericano de Botánica. Cartagena de Indias, Colombia, p. 220.
- Alverson, W.S., D.K. Moskovits y J. M. Shopland. 2000. Bolivia: Pando, Río Tahuamanu, Rapid Biological Inventories Report 1. The Field Museum. Chicago, Illinois.
- Beck, S.G., E. García y T. J. Killen. 1993. Vegetación de Bolivia. En: T. J. Killen , E.García, S.G. Beck. (Eds.). Guía de Árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden. La Paz, Bolivia. 958 pp.
- Boom, B. M. 1986. A forest inventory in amazonian Bolivia. *Biotropica* 18(4): 287- 294.
- Carse, L. E., T. S. Fredericksen Y J. C. Licona. 2000. Liana-Tree species associations in a Bolivian dry forest. *Tropical Ecology* 41 (1): 1 – 10.
- Camacho, M. O. 1997. Análisis de impacto de un aprovechamiento forestal en el bosque seco de Lomerio, Santa Cruz, Bolivia. Documento Técnico # 57, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Contreras, F. 1998. Como Determinar la Tasa de Crecimiento de los Árboles, Santa Cruz, Bolivia. Notas Técnicas. Proyecto BOLFOR.
- Contreras F., C., Leño J. C., Licona E., Dauber L., Gunnar N., Hager y C. Caba. 1999. Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). Proyecto BOLFOR, PROMABOSQUE, Santa Cruz, Bolivia.
- Cruz, J. 1997. Inventario Forestal y Plan de Manejo de la empresa maderera SAGUSA S.R.L.”. Pando, Bolivia.
- Dauber, E., T.S. Fredericksen, M. Peña-Claros, C. Leño, J.C. Licona y F.Contreras. 2003. Tasa de incremento diamétrico, mortalidad y reclutamiento con base en las parcelas permanentes instaladas en diferentes regiones de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Dauber, E. 2003. Modelo de Simulación para evaluar las posibilidades de cosecha en el primer y segundo ciclo de corta en bosques tropicales de Bolivia. Documento Técnico # 128, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

- Dawkins, H. C. 1958. The Management of Natural Tropical High Forest with Special Reference to Uganda. Imperial Forestry Institute, University of Oxford. Institute Paper No. 14. 155 p.
- Dawkins, H.C. y M.S. Philip. 1998. Tropical Moist Forest Silviculture and Management: A History of Success and Failure. CAB International, United Kingdom, 359p.
- Evans, K.; M. Peña-Claros, y W. Pariona. 2003 Análisis de los costos y beneficios de dos tratamientos silviculturales aplicados en un bosque de la transición Chiquitana Amazónica. Documento Técnico # 134. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T.S., F. E. Putz, P. Pattie, W. Pariona y M. Peña-Claros. 2003. Sustainable Forestry in Bolivia: Beyond Planned Logging. *Journal of forestry* 101-2: 37-40.
- Fredericksen, T.S. y R. Peralta. 2001. Opciones silviculturales para el manejo forestal en Bolivia. Regeneración natural y silvicultural de los bosques tropicales en Bolivia. Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T.S., F., Contreras, y W. Pariona. 2001. Guía de Silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Finegan, B. 1992. Bases Ecológicas para la Silvicultura. Tema 1. V Curso Internacional sobre Silvicultura y Manejo de Bosques Tropicales, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 170 p.
- Finegan, B. y M. Camacho. 1997. Efectos del Aprovechamiento Forestal y el Tratamiento Silvicultural en un Bosque húmedo del Norte de Costa Rica, CATIE, Turrialba.
- Gentry, A. H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. Pp. 3-49. *The Biology of vines*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Instituto Boliviano de Investigación Forestal. 2003. Monitoreo de Parcelas de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP) en Diferentes Ecoregiones de Bolivia. Informe Final, Santa Cruz, Bolivia.
- Instituto Boliviano de Investigación Forestal. 2005. Crecimiento, Reclutamiento y Mortalidad de Árboles de la Región Chiquitana de Bolivia con Base en las Parcelas Permanentes de 1 ha. Informe Final. Santa Cruz, Bolivia.
- Jackson, S. y T.S. Fredericksen. 2000. Evaluación de los Disturbios y Daños Causados al Bosque Residual durante el Aprovechamiento por Selección en un Bosque Tropical de Bolivia. Documento Técnico # 91, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

- Hartshorn, G.S. 1980. Neotropical forest dynamics. In J. Ewel, editor. Tropical Sucesión. Biotropica 12 (Supplement):23-30.
- Hutchinson, I. 1993. Puntos de Partida y Muestreo Silvicultura para Bosques Naturales del Trópico Húmedo. Colección Silvicultura y Manejo de bosques Naturales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico N # 204.
- Killeen, T., E. García, y S. Beck. 1993. Guía de Árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden, La Paz, Bolivia.
- Krueger, W. 2003. Efectos del marcado de árboles de futura cosecha y la planificación de pistas de arrastre en el aprovechamiento convencional con límites diamétricos en un bosque tropical de Bolivia. Documento Técnico # 119, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia. 20 pp.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Duetsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Germany, 335p.
- Lara, R. 1995. Mapa Forestal de Bolivia - Memoria Explicativa. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. La Paz.
- Luna, L. 1992. Estudio sobre crecimiento y edad de 20 especies forestales comerciales de los bosques naturales Venezolanos, Mérida (Venezuela).
- Licona, J. C. 2007. Composición florística, estructura y dinámica de un bosque amazónico aprovechado a diferentes intensidades en Pando, Bolivia. Trabajo dirigido. Instituto Boliviano de Investigación Forestal. Universidad Mayor de San Simón. Santa Cruz, Bolivia.
- Matteucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Editorial Eva V. Chesneau. OEA. Pg. 168.
- Manzanero, M. 2001. Estudio de la regeneración natural de especies de interés económico, en árboles semilleros y áreas afectadas por incendios forestales, en las concesiones comunitarias de Carmelita y San Andrés, Petén, Guatemala. Tesis M.Sc. Universidad Rural de Guatemala.
- Manzanero, M. y G. Pinelo. 2004. Plan Silvicultural en Unidades de Manejo Forestal Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Serie técnica N # 3. pág.13.

- Mostacedo B., J. Balcazar y J. C. Montero. 2006. Tipos de bosque, diversidad y composición florística en la Amazonia sudoeste de Bolivia. *Ecología en Bolivia*. Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, B., T. S. Fredericksen y M. Toledo. 1999. Respuestas de las plantas a la intensidad de aprovechamiento en un bosque semideciduo pluviestacional de la región de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica* 1 (2): 75 – 88.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2001. *Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, B., M. Peña-Claros, A. Alarcón, J. C. Licon, C. Ohlson Kiehn, S. Jackson, T.S. Fredericksen, F. E. Putz y G. Blate. 2006. Daños al bosque bajo diferentes sistemas silviculturales e intensidades de aprovechamiento forestal en dos bosques tropicales de Bolivia. Documento Técnico # 1. Instituto Boliviano de Investigación Forestal. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Moraes, M. y S. Beck. 1992. Diversidad Florística de Bolivia. En: Marconi (Ed.). 1992. *Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia*. USAID – Bolivia. La Paz.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 1996. Ley Forestal. No 1700. La Paz, Bolivia.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 1998. Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas. Resolución Ministerial No 248/98. La Paz, Bolivia.
- Navarro, G. 1997. Contribución a la Clasificación Ecológica y Florística de los Bosques de Bolivia. *Revista de Ecología y Conservación Ambiental*, 2: 3-37.
- Nebel, G., L. Kvist, J. Vancla y H. Vidaurre. 2001. Forest dynamics in flood plain forests in the Peruvian Amazon: effects of disturbance and implications for management. *Forest Ecology and Management* 150: 79-92.
- Ohlson, K., T.S., Fredericksen y W. Pariona. 2003. Tratamientos alternativos de Anillamiento y aplicación de herbicidas para la liberación y mejora de rodales en bosques tropicales de Bolivia. Documento Técnico # 125, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

- Pariona, W. y T.S. Fredericksen. 1999. Costos y rendimientos de ensayos de tratamientos silviculturales en bosques manejados en Bolivia. *Boletín BOLFOR* 18: 5-6.
- Programa de Acción Integrado Peruano Boliviana. 1998. Diagnóstico regional Integrado, Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos - OEA, Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.
- Peña-Claros, M., T.S. Fredericksen, W. Pariona, F.E. Putz, G. Blate, J.C. Licona, C. Leaño, A. Alarcón, U. Choque y J. Justiniano. 2003. Silviculture for sustainable forest management. Presentation at the annual meeting of the Association for Tropical Biology, July 2003, Aberdeen, Scotland.
- Peralta, R. y E. Tejerina. 2002. Proyección preliminar del crecimiento y evaluación de la tasa de aprovechamiento de las especies maderables comerciales en la Concesión de IMAPA S. A. Documento Técnico # 5, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible de Pando, Pando, Bolivia.
- Peralta, R. 2002. Técnicas de Tratamientos Silviculturales Aplicadas en Bosques Tropicales Húmedos Manejados del Norte de Costa Rica – Una Base para Aplicaciones en Bosques Húmedos de la Amazonia Boliviana. Documento Técnico N # 1, Proyecto PANFOR, Pando, Bolivia.
- Pérez-Salicrup, D.R. 1998. Efecto del corte de bejucos sobre la estructura de un bosque Boliviano. Recomendaciones y evaluación de una práctica silvicultural. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Pinelo, G. 2000. Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en La Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico N # 40. pág. 52.
- Poorter, L., R. G. A. Boot, Y. Hayashida-Oliver, J. Leigue-Gomez, M. Peña-Claros y P. A. Zuidema. 2001. Estructura y dinámica de un bosque húmedo tropical en el norte de la amazonía boliviana. Informe Técnico N # 2. Programa Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana, Riberalta, Beni, Bolivia.
- Putz, F. E. 1983. Liana biomass and leaf area of a “tierra firme” forest in the Rio Negro basin, Venezuela. *Biotropica*, 15(3):185–189.
- Putz, F. E. 1984. The natural history of lianas on Barro Colorado Island. *Ecology*, 65 (6): 1713–1724.

- Salms H., y M. Marconi. 1992. Reserva Nacional Manuripi – Heath; LIDEMA, PL- 480, CORDEPANDO. La Paz.
- Solís, F. A. 2004. Plan General de Manejo Forestal Empresa Maderera SAGUSA S.R.L. Cobija, Pando, Bolivia.
- Synnott, T. J. 1991. Manual de procedimiento de instalación de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie de Apoyo Académico N # 12.
- Shultz, J. P. 1967. La Regeneración de la Selva Mesofítica Tropical de Suriname después de su Aprovechamiento. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. No 23: 3–28.
- Stevens, G. C. 1987. Lianas as Structural Parasites - the *Bursera-Simaruba* Example. Ecology 68:77–81.
- Smith, N. D. y T. J. Killeen. 1998. A comparison of the structure and composition of a montane and lowland tropical forest in the serranía Pilon Lajas, Beni, Bolivia.
- Uslar, Y., B., Mostacedo y M. Saldias. 2003. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz. Documento Técnico # 144; Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Valerio, J. C. Salas. 1997. Selección de Prácticas Silviculturales para un Bosque Tropical Manual técnico segunda edición corregida y aumentada, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Valerio, J. 1997. Crecimiento y Rendimiento. Documento Técnico # 51, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Zonisig, 1997. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica y Perfil Ambiental del Departamento de Pando. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente – Prefectura del Departamento de Pando. La Paz, Bolivia. 159 pp.

GLOSARIO DE SIGLAS

AAA:	Área Anual de Aprovechamiento
AFC:	Árbol de Futura Cosecha
ANVA:	Análisis de Varianza.
DMC:	Diámetro Mínimo de Corta
EE:	Error Estándar
HC:	Altura Comercial
ICA:	Incremento Corriente Anual
IBIF:	Instituto Boliviano de Investigación Forestal
PPM:	Parcela Permanente de Monitoreo
PGMF	Plan General de Manejo Forestal
PISLP	Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo