



Estructura poblacional y efectos  
de tratamientos silviculturales  
en la tasa de crecimiento de  
especies comerciales en un  
**bosque amazónico** de Bolivia





Estructura poblacional y efectos  
de tratamientos silviculturales  
en la tasa de crecimiento de  
especies comerciales en un  
**bosque amazónico** de Bolivia

**Autores:** Alfredo Alarcón  
Marielos Peña-Claros  
Bonifacio Mostacedo



Estructura poblacional y efectos de tratamientos silviculturales  
en la tasa de crecimiento de especies comerciales en un  
bosque amazónico de Bolivia

Cita bibliográfica: Alarcón, A. 2007.  
Proyecto BOLFOR / Instituto Boliviano de Investigación Forestal.  
Santa Cruz, Bolivia

*Primera edición*

Todos los derechos reservados

ISBN: 978-99905-948-9-8  
Depósito legal: 8-1-104-08

Impreso en Bolivia  
Imprenta El País

**Realizado por:**



**Con el apoyo de:**



Santa Cruz de la Sierra – Bolivia  
Marzo, 2007

## Presentación

Es una satisfacción para el Proyecto BOLFOR II presentar la publicación “Estructura poblacional y efectos de tratamientos silviculturales en la tasa de crecimiento de especies comerciales en un bosque amazónico de Bolivia”.

Este documento pretende generar conocimiento sobre la estructura poblacional y los efectos de los tratamientos silviculturales en la tasa de crecimiento de Árboles de Futura Cosecha (AFC) de especies comerciales como herramientas de manejo y aprovechamiento sostenible. Conocer estos efectos permitirá evaluar la tasa de incremento diamétrico, como la disminución de daños provocados por el aprovechamiento y con ello el ajuste de los ciclos de corta y Normas Técnicas vigentes.

Asimismo, muestra la importancia de contar con una institución dedicada a la investigación y a la generación de conocimiento que permita a los diferentes actores del sector forestal, ya sean públicos, privados o sociales, tomar decisiones orientadas a la conservación y al aprovechamiento sostenible de los recursos del bosque con base en información seria y confiable.

BOLFOR II tiene entre sus objetivos demostrar que el manejo forestal sostenible favorece a la conservación de la biodiversidad con relación a otras actividades productivas en tierras forestales, además de fortalecer las capacidades de las organizaciones e instituciones nacionales para el manejo forestal sostenible.

A través de apoyo brindado para la elaboración del presente estudio y su publicación, avanzamos en el cumplimiento de ambos cometidos: promover mayor conocimiento científico y fortalecer el rol del IBIF como un referente clave para el sector forestal en términos de investigación y generación de conocimiento.

Entregamos este material como una contribución de BOLFOR II y del IBIF a todos los actores del sector forestal.

**Proyecto BOLFOR II**





## Contenido

Introducción .....	1
Área de estudio.....	4
Diseño de estudio.....	4
Toma de datos.....	8
Árboles de Futura Cosecha (AFC).....	9
Análisis de datos.....	10
Estructura de la población de especies comerciales .....	10
Análisis del Incremento Corriente Anual (ICA) de Árboles de Futura Cosecha (AFCs) .....	10
Análisis del efecto del marcado de árboles de futura cosecha (AFCs) .....	10
Resultados .....	11
Estructura de la población de especies comerciales .....	11
Incremento diamétrico de árboles de futura cosecha (AFC) por tratamiento .....	13
Incremento diamétrico por clase diamétrica.....	14
Incremento diamétrico por gremio ecológico .....	16
Incremento diamétrico por infestación de bejucos en AFC.....	17
Efecto del corte de bejucos en el crecimiento de AFC .....	17
Tasa de crecimiento promedio de AFC por posición de copa .....	19
Tasa de crecimiento promedio de AFC por anillamiento .....	19
Análisis del efecto del marcado de AFC.....	20
Discusión .....	21
Estructura de la población .....	21
Crecimiento de árboles de futura cosecha.....	22
Efecto del corte de bejucos en el incremento diamétrico de AFC.....	23
Efecto de Anillamiento en el incremento diamétrico de AFC.....	23
Análisis del efecto del marcado de AFC.....	24
Conclusión .....	25
Recomendaciones .....	27
Referencia bibliográfica .....	28










## Resumen

El monitoreo de la aplicación de tratamientos silviculturales, a través del establecimiento de 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. 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 el bloque tiene tratamientos silviculturales de intensidad de aprovechamientos, 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 de 7 árboles/ha, que representaron un área basal promedio de 4.4 m<sup>2</sup>/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 bejuco crecieron (0.29 cm/año). Sin embargo, los árboles libres de bejuco 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 a través del anillamiento, lo que dificultó la evaluación de los resultados. El efecto del anillamiento no fue el esperado pues los AFC liberados tuvieron el menor incremento (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 presento 2.4 % de árboles muertos y dañados causado por la actividad del aprovechamiento forestal, mientras que la parcela sin marcado de AFC presento 5.1 % de árboles muertos y dañados. El marcado de AFC tuvo un efecto positivo en la disminución de árboles muertos o dañados de 2.7 %.

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

## 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 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 de las especies más valiosas, 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). Como en la actualidad hay 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 (Hutchinson, 1993).

En el presente estudio se pretende determinar los beneficios que se obtiene con la aplicación de tratamientos silviculturales (corta de bejucos, liberación por anillamiento y marcado de árboles comerciales de futura cosecha con la finalidad de aumentar la tasa de incremento diamétrico y disminuir los daños causado por el aprovechamiento forestal. Los objetivos de este estudio fueron:

- a)** Definir la estructura poblacional de los AFC de especies comerciales valiosas y potenciales.
- b)** 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.
- c)** Evaluar la importancia del marcado de AFC en la tasa de mortalidad de árboles de futura cosecha de especies comerciales.



## Metodología

### Área de estudio

Este estudio fue realizado en un bosque amazónico de Bolivia. El área se encuentra en la concesión forestal SAGUSA S.R.L, ubicada en la provincia Nicolás Suárez del departamento de Pando en el municipio Bella Flor. La concesión tiene una superficie de 66061.99 ha, las cuales han sido saneadas por el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) (Figura 1).

Según su clasificación de zona de vida Navarro (1997) la concesión pertenece a los bosque amazónico de colinas del noreste de Pando región disectada de colinas en el extremo oeste de la Provincia Nicolás 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 goma elástica (*Hevea brasiliensis*). La temperatura promedio 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 precipitación baja (Mayo-Septiembre). Existen en total 1583 árboles pertenecientes a 22 especies comerciales actuales y potenciales definidas por la empresa en su PGMF. De los cuales solo 814 fueron seleccionados como árboles de futura cosecha (AFC) entre 10 cm de DAP y el DMC que representa el 69.8 % considerado como AFC.

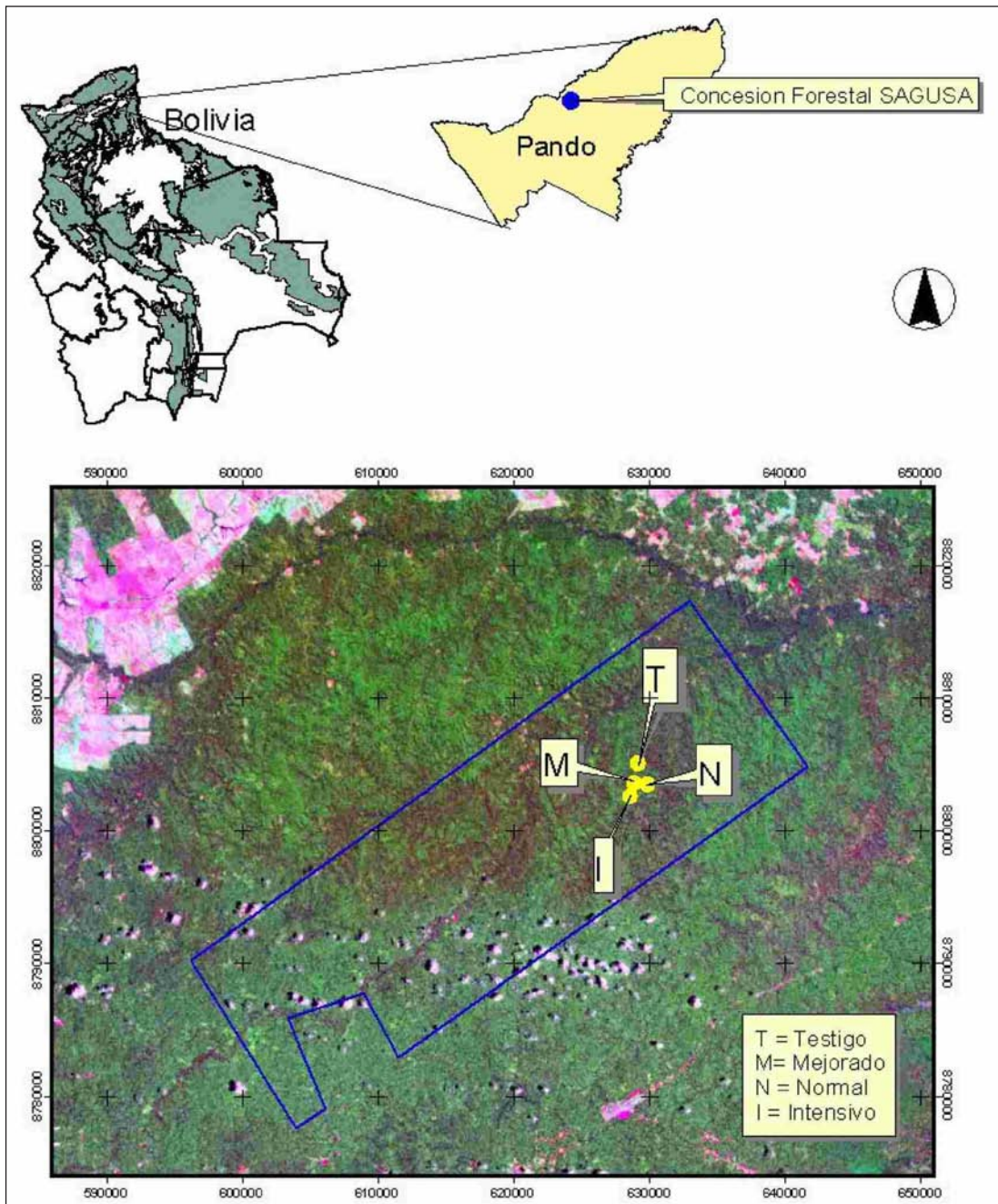
### Diseño experimental

El estudio está enmarcado dentro del diseño establecido en el programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP). Estas parcelas fueron establecidas por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) en el año 2003. Las parcelas PISLP han sido instaladas mediante un diseño aleatorio de bloque completo, con 4 tratamientos que varían en su intensidad de aprovechamiento y aplicación de tratamientos silviculturales (Cuadro 1). Los tratamientos representan alternativas de sistemas silviculturales, a continuación se describe los tratamientos:

**Tratamiento Testigo.-** Las parcelas de este tratamiento no han sido aprovechadas, aunque se cortaron algunos bejucos en los árboles aprovechables durante la fase de censo.

**Tratamiento Normal.-** (Aprovechamiento Normal).- Este tratamiento recibe aprovechamiento de acuerdo al sistema actual de extracción de la empresa. Este sistema incluye: (a) planificación de





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

**Cuadro 1.** Lista de tratamientos con diferentes intensidad de aprovechamiento y aplicación de tratamiento silvicultural

**Lugar de estudio**  
**Parcelas de Investigación Silvicultural de Largo Plazo (PILSP)**

Tratamiento	Nº de árboles aprov./ha	Corta de bejucos	Marcado de AFC	Liberación de AFC mediante (anillamiento)
Testigo	Nada	No	No	No
Normal	1,4	No	No	No
Mejorado	1,4	Si	Si	Si
Intensivo	2,5	Si	Doble	Si

camino y aprovechamiento basado en un censo comercial de árboles aprovechables y remanentes, (b) aprovechamiento de árboles que superan el diámetro mínimo de corta (DMC), generalmente 50 cm de DAP, (c) 20% de los árboles comerciales mayores al límite diamétrico son dejados como semilleros y como factor de seguridad, (d) corte de bejucos de los árboles comerciales antes del aprovechamiento, y (e) corta dirigida.

**Tratamiento Mejorado** (Aprovechamiento con Baja Silvicultura).- El procedimiento de este tratamiento ha recibido las operaciones descritas para el tratamiento normal, y adicionalmente se le aplicó los siguientes tratamientos: (a) marcado antes del aprovechamiento de árboles de futura cosecha (AFC) de las especies que actualmente son extraídas por la empresa (Cuadro 2), (b) corte de todos los bejucos situados en el fuste o la copa de los AFC y (c) liberación de AFC de árboles competidores no-comerciales mediante anillamiento.

**Cuadro 2.** Lista (A) 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	Familia	Nombre científico	Gremio ecológico	DMC
almendrilla hoja chica	Caesalpiniaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Esciofita parcial	50
almendrilla hoja grande	Fabaceae	<i>Dipteryx odorata</i>	Esciofita parcial	50
cedro	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Heliofita durable	60
masaranduba	Sapotaceae	<i>Manilkara bidentata</i>	Esciofita parcial	50
roble	Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i>	Heliofita durable	70
tajibo amarillo	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i> sp.	Esciofita total	50

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

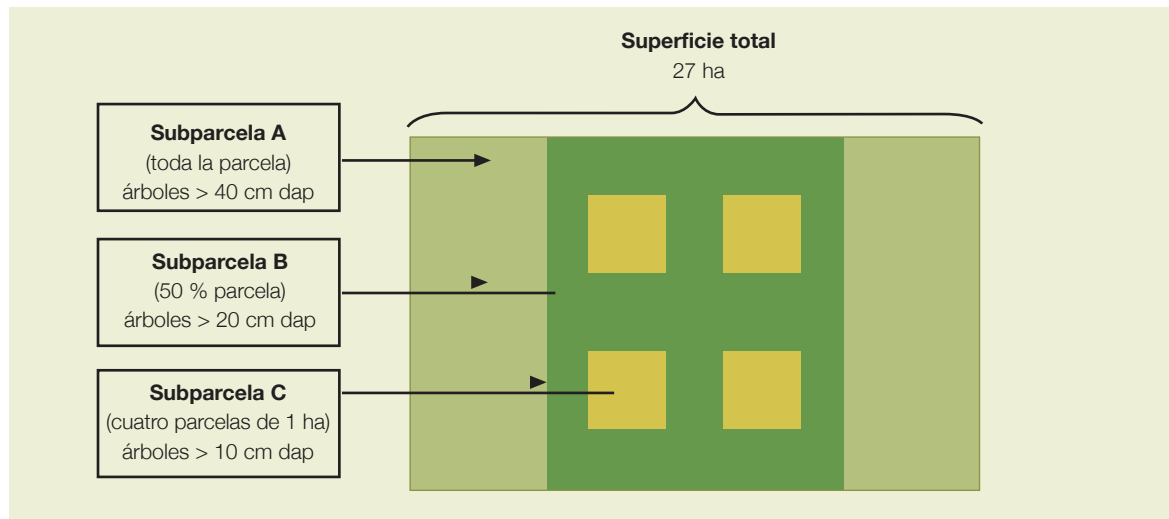
Nombre común	Familia	Nombre científico	Gremio ecológico	DMC
amarillo	Apocynaceae	<i>Aspidosperma vargasii</i>	Heliofita durable	50
bitumbo colorado	Lecythidaceae	<i>Couratari macrosperma</i>	Heliofita durable	50
castaña	Lecythidaceae	<i>Bertholletia excelsa</i>	Esciofita parcial	80
cuta	Anacardiaceae	<i>Astronium lecointei</i>	Heliofita durable	50
cacha	Apocynaceae	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Esciofita parcial	50
itauba negra	Olacaceae	<i>Heisteria nitida</i>	Esciofita parcial	50
mururé	Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i>	Esciofita parcial	50
mapajo	Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Heliofita durable	50
mapajillo	Bombacaceae	<i>Ceiba samauma</i>	Heliofita durable	50
paquió	Caesalpiniaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	Esciofita parcial	50
paquiocillo	Caesalpiniaceae	<i>Hymenaea parvifolia</i>	Esciofita parcial	50
siringa	Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	Heliofita durable	80
toco blanco	Mimosaceae	<i>Enterolobium</i> sp.	Heliofita durable	50
toco colorado	Mimosaceae	<i>Parkia pendula</i>	Esciofita parcial	50
verdolago	Combretaceae	<i>Terminalia amazonica</i>	Esciofita parcial	50
yesquero	Lecythidaceae	<i>Carinana</i> sp.	Esciofita parcial	50

**Tratamiento Intensivo.-** (Aprovechamiento con Alta Silvicultura).- Este tratamiento recibió todas las operaciones del tratamiento mejorado, y adicionalmente se aplicó los siguientes tratamientos: (a) marcado adicional de AFC de especies potencialmente comerciales, (b) corte de bejucos y liberación de AFC de especies potencialmente comerciales, (c) doble intensidad de aprovechamiento que incluye la extracción de especies que actualmente no son aprovechadas por la empresa, pero que son especies potenciales, (d) 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 y (e) escarificación mecanizada del suelo en claros de aprovechamiento usando “skidder”, en el momento de la extracción de las troncas.

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 2).

Las parcelas experimentales tienen un diseño anidado y un tamaño aproximado de 27 ha por tratamiento, en total 108.1 has evaluadas. Los árboles con DAP  $\geq$  40 cm, son censados en toda la





**Figura 2.** Diseño de las parcelas del Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP).


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 uno. Los tratamientos que se aplicaron en las parcelas experimentales representan herramientas y alternativas de intensidad de aprovechamiento y sistemas silviculturales.

Para el presente estudio se denominó parcelas tratadas a los tratamientos mejorado e intensivo, parcelas con tratamiento silvicultural. En cambio se denominó parcelas no tratadas al tratamiento normal y testigo, al ser parcelas sin tratamiento silvicultural.

## 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 a la Altura de 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 efectos graves en su estructura, útil para leña.
- c) 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.
- d) 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.
- e) 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 clasifico en 4 categorías: (1) Sin bejuco, (2) Bejucos en el fuste, (3) Bejucos en la copa y fuste, (4) Totalmente cubierto de bejucos.
- f) Estado sanitario del árbol.-** Es el estado en el que se encuentra el árbol se clasifico en seis categorías: (AP) Árbol sano en pie, (AC) Árbol caído vivo, (AE) Árbol estrangulado por lianas, (AI) Árbol inclinado, (AR) Árbol roto, (ADA) Árbol dañado por aprovechamiento.

## 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 a partir de 2 cm de diámetro.

## 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 marca de la medición del DAP. Con la finalidad de que los operadores del skidder como los motosierristas puedan visualizar los AFC y evitar dañar en lo posible.

## 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.

## Análisis de datos

### Estructura de la población de especies comerciales

Para determinar la estructura de la población de especies comerciales se considero 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 AFCs, área basal y la densidad.

### 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 (ANDEVA) 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 ANDEVA de dos vías con corte de bejucos y gremio ecológico como factores, y la otra con anillamiento como factor.

### 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 con similar intensidad de aprovechamiento. Para determinar la mortalidad se empleo la ecuación (Nebel et al. 2001):

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

T<sub>m</sub> = Tasa de mortalidad.

Ln = Logaritmo natural.

N<sub>0</sub> = Número de individuos al comienzo del periodo 1t.

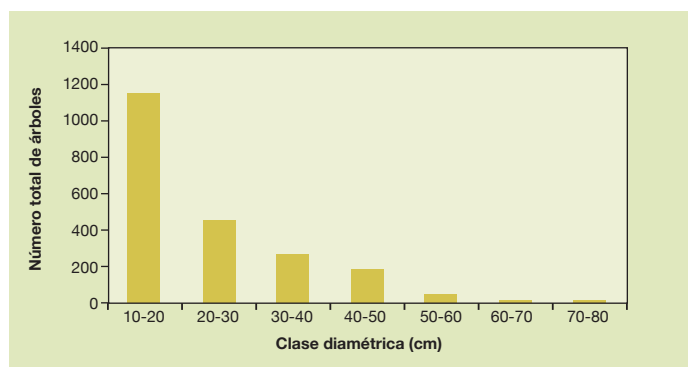
N<sub>m</sub> = Número de individuos muertos en una determinada área.

Δt = Diferencia entre dos periodos de medición

## Resultados

### Estructura de la población de especies comerciales

En las cuatro parcelas muestreadas se registraron un total de 814 individuos entre 10 cm de DAP y el DMC incluyendo los AFCs extras pertenecientes a 22 especies comerciales actuales y potenciales (Figura 3) definidas por la empresa SAGUSA en su PGMF. En las parcelas experimentales se encontraron un total de 2158 que corresponden a 22 especies comerciales, de los cuales sólo el 69.8 % pudo ser considerado como AFCs, especies comerciales de buena calidad del fuste y copa entre 10 cm y DAP y el DMC. La densidad promedio de AFC fue de 20 árboles/ha, que representa un área basal promedio de 4.6 m<sup>2</sup>/ha, o el 43 % del área basal de especies comerciales (Cuadro 3).



**Figura 3.** Estructura poblacional de árboles comerciales de futura cosecha (AFCs) por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando.

**Cuadro 3.** 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	Sup. Trat. (ha)	Número total de árboles censados	Número de AFC que cumplieron	% de AFC	Densidad de AFC/ha	Área basal AFC/ha (m <sup>2</sup> )
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

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), en contraste con lo anterior, la especie con menor densidad fue *Heisteria nitida* (0.06 árboles/ha). A nivel de porcentaje, los árboles que pudieron ser considerados como AFC varía entre 1 a 36 % dependiendo de la especie comercial (Cuadro 4).

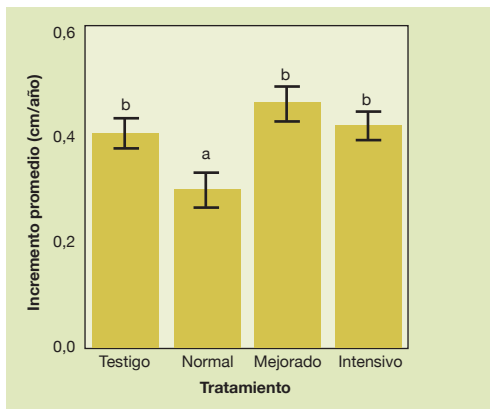
**Cuadro 4.** Lista de especies valiosas y potenciales censadas en las parcelas del PSILP establecidas en un bosque amazónico en la concesión SAGUSA. Se presenta el diámetro mínimo de corta (DMC), el área basal y la densidad total de la especie, la densidad de árboles que pueden ser considerados AFC, el porcentaje que representan del total de individuos, y el número de individuos incluidos en la muestra para los análisis de crecimiento.

	No	Nombre común		DMC	Densidad (N/ha)	Densidad AFC/ha	N de AFC censados en 4 parcelas.	% de AFC
Especies valiosas	1	almendrillo hoja grande	<i>Dipteryx odorata</i>	50	0.49	0.33	7	12
	2	roble	<i>Amburana cearensis</i>	70	0.43	0.34	22	36
	3	masaranduba	<i>Manilkara bidentata</i>	50	0.79	0.63	33	33
	4	almendrillo hoja chica	<i>Apuleia leiocarpa</i>	50	2.46	1.69	44	14
	5	cedro	<i>Cedrela odorata</i>	60	1.36	1.12	44	22
	6	tajibo amarillo	<i>Tabebuia sp.</i>	50	2.76	2.64	108	18
Especies potenciales	7	yesquero	<i>Cariniana sp.</i>	50	0.20	0.16	3	4
	8	itauba negra	<i>Heisteria nitida</i>	50	0.07	0.06	2	1
	9	cacha	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	50	0.19	0.16	6	24
	10	mapajo	<i>Ceiba pentandra</i>	50	0.46	0.28	7	10
	11	toco colorado	<i>Parkia pendula</i>	50	0.30	0.24	8	23
	12	paquió	<i>Hymenaea courbaril</i>	50	0.34	0.29	9	21
	13	mapajillo	<i>Ceiba samauma</i>	50	0.68	0.57	20	25
	14	verdolago	<i>Terminalia amazonica</i>	50	1.40	1.22	23	12
	15	bitumbo colorado	<i>Couratari macrosperma</i>	80	1.84	1.50	26	11
	16	toco blanco	<i>Enterolobium sp.</i>	50	1.25	0.86	28	12
	17	cuta	<i>Astronium lecointei</i>	80	0.58	0.51	33	33
	18	paquiocillo	<i>Hymenaea parvifolia</i>	50	0.91	0.70	36	33
	19	castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	50	1.99	1.12	45	20
	20	mururé	<i>Clarisia racemosa</i>	50	3.05	2.74	67	14
	21	amarillo	<i>Aspidosperma vargasii</i>	50	4.01	3.81	88	15
	22	siringa	<i>Hevea brasiliensis</i>	80	4.04	3.91	155	26

## Incremento diamétrico de Árboles de Futura Cosecha (AFC)

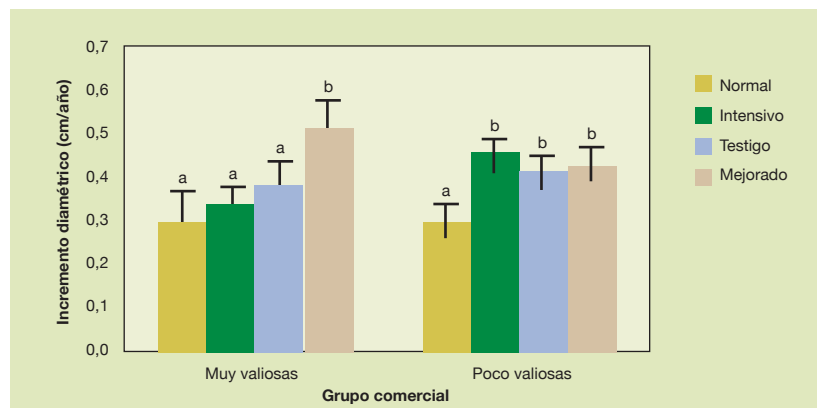
La tasa de crecimiento de los AFCs varía significativamente con el tratamiento (ANVA,  $F = 3.782$ ,  $P=0.01$ ), encontrándose menor incremento diamétrico promedio (0.30 cm/año), en el tratamiento normal, mientras que en los otros tratamientos se registraron incrementos similares (Figura 4).

Realizando observaciones del incremento diamétrico solo de especies comerciales varía significativamente entre tratamientos (ANVA;  $F= 3,238 - P= 0,023$ ). Siendo que en el tratamiento mejorado presento mayor crecimiento diamétrico promedio 0,52 cm/año,



**Figura 4.** Incremento diamétrico (cm/año) de los AFC por tratamientos. Datos son promedio y error estándar. Columnas con diferentes letras difieren significativamente entre sí.

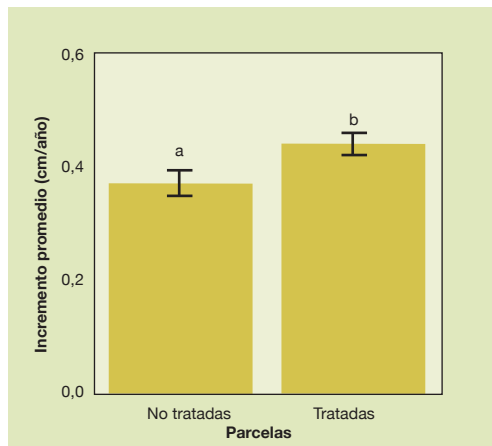
seguido del tratamiento testigo 0,39 cm/año, mientras que los tratamientos normal e intensivo presentaron valores similares (Figura 5). De la misma forma, las especies poco valiosas mostraron diferencias significativas en crecimiento entre tratamientos (ANVA;  $F= 2.753$ ,  $P= 0.042$ ). Donde se evidencio menor incremento diamétrico en el tratamiento normal 0.30 cm/año, al contrario de lo mencionado mayor incremento se observo en el tratamiento intensivo 0.46 cm/año, mientras que los tratamientos mejorado y testigo presentaron incrementos similares (Figura 5).



**Figura 5.** 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 difieren significativamente entre sí.



Agrupando las parcelas según el tratamiento silvicultural recibido, en parcelas tratadas (mejorado e intensivo) y no tratadas (testigo y normal), se encontró diferencias significativas entre si ( $F = 5.317$ ,  $P=0.021$ ), donde se observó, mayor incremento diamétrico promedio en las parcelas tratadas  $0.44$  cm/año, contrario a lo mencionado las parcelas no tratadas presentaron menor incremento promedio  $0.37$  cm/año (Figura 6).



**Figura 6.** 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.

A continuación se mencionan las especies comerciales con mayores incrementos diamétricos en parcelas tratadas: toco colorado (*Parkia pendula*,  $1.37$  cm/año), toco blanco (*Enterolobium* sp.  $0.99$  cm/año) y mapajo (*Ceiba pentandra*,  $0.93$  cm/año). Al contrario las especies comerciales con menores incrementos diamétricos fueron: mapajillo (*Ceiba samauma*,  $0.11$  cm/año), masaranduba (*Manilkara bidentata*,  $0.28$  cm/año) y cuta (*Astronium lecoitei*,  $0.25$  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 menores incrementos diamétricos fueron: cuta (*Astronium lecoitei*) con  $0.10$  cm/año, mapajo (*Ceiba pentandra*)  $0.11$  cm/año, masaranduba (*Manilkara bidentata*)  $0.15$  cm/año (Cuadro 5).

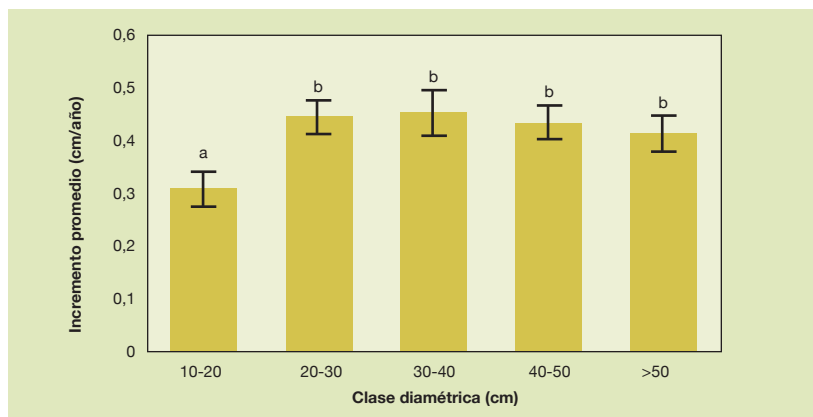
### Incremento diamétrico por clase diamétrica

La tasa de incremento diamétrico, a nivel general, considerando todos los árboles varió según el diámetro de los árboles (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  $0.31$  cm/año, mientras que el resto de las clases diamétrica presentaron incrementos diamétricos casi similares que van de  $0.41$  a  $0.45$  cm/año (Figura 7).



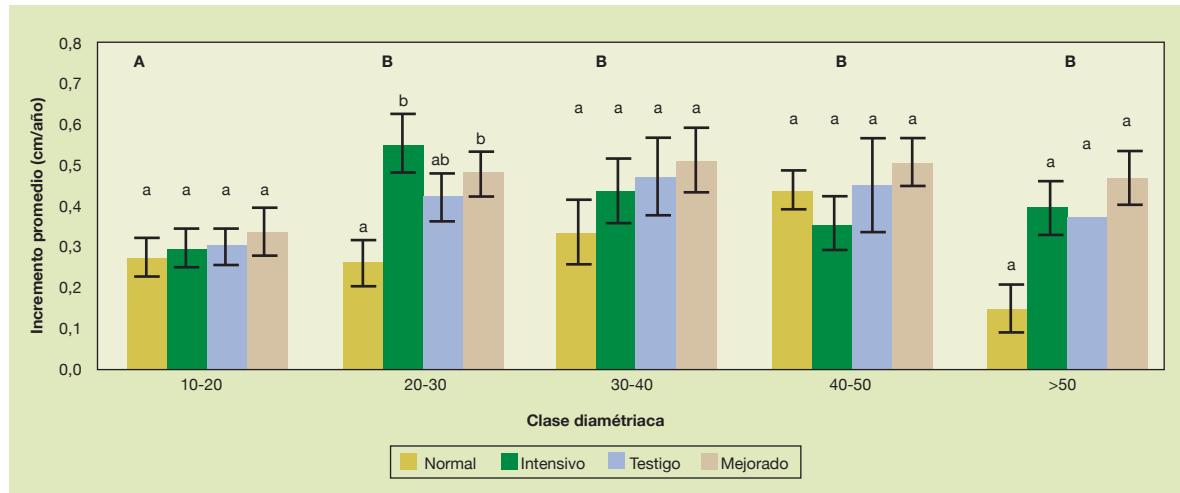
**Cuadro 5.** Tasa de incremento diamétrico por especie y tipo parcelas (tratadas y no tratadas). Datos son promedio (ICA) y error estándar (EE).

Nombre vulgar	Nombre científico	Parcelas tratadas			Parcelas no tratadas		
		No datos	ICA	EE	No datos	ICA	EE
almendrillo h. grande	<i>Dipteryx odorata</i>	4	0,39	0,10	3	0,46	0,16
almendrillo h. 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
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 sp.</i>	45	0,26	0,07	63	0,21	0,09
toco blanco	<i>Enterolobium sp.</i>	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



**Figura 7.** Incremento diamétrico (cm/año) por categoría de tamaño considerando todos los árboles. Datos son: promedio del ICA, error estándar (EE) y clase diamétrica. Letras diferentes en minúscula indican diferencias significativas a nivel de cada clase diamétrica.

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,  $F= 4.656$ ,  $P= 0.04$ ), siendo el tratamiento intensivo y mejorado presentaron mayores incrementos diamétricos (0.55 y 0.48 cm/año), en cambio los tratamiento normal y testigo mostraron valores intermedios. En las clases diamétricas (10 – 20, y las  $> a$  30 cm DAP), no presentaron diferencias entre los tratamientos (Figura 8).

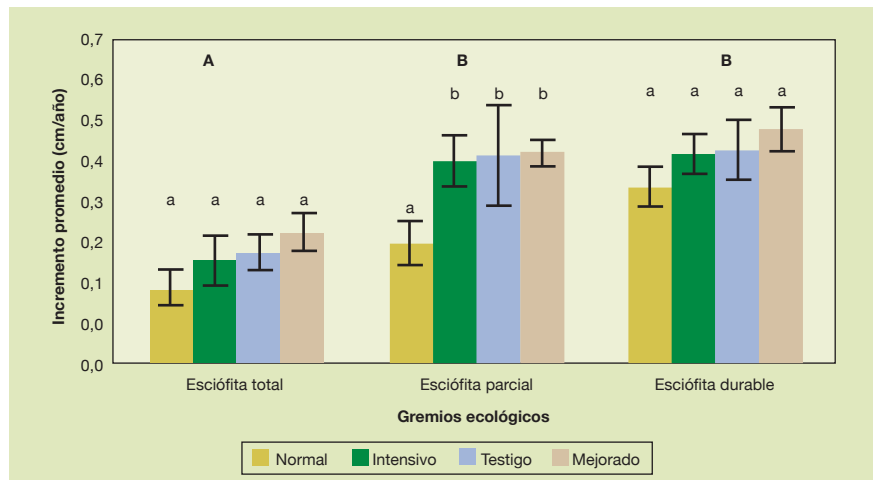


**Figura 8.** Incremento diamétrico (cm/año) por tratamiento y categoría de tamaño. Datos son promedio del ICA y error estándar (EE). Letras diferentes en mayúscula indican diferencias significativas a nivel de clases diamétricas. Letras diferentes en minúscula indican diferencias significativas entre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

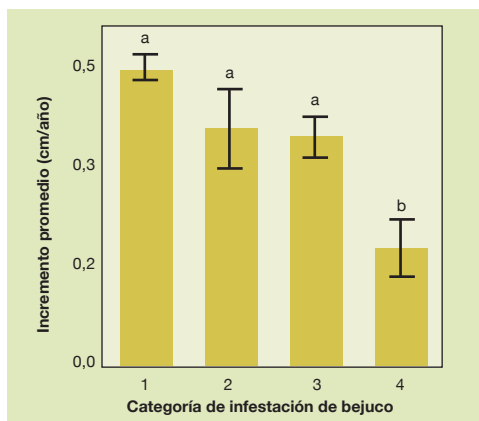
### Incremento diamétrico por gremio ecológico

Al observar el incremento diamétrico entre gremios ecológicos se encontró diferencias significativas entre gremios (ANVA,  $F= 7.45$ ,  $P= 0.0006$ ). Donde las heliófitas durables y las esciófitas parciales tuvieron un mayor incremento diamétrico promedio (0.46 y 0.41 cm/año), mientras que las esciófitas totales tuvieron menor incremento diamétrico 0.24 cm/año (Figura 9).

Analizando cada uno de los gremios ecológicos se encontró que las esciófitas parciales presentaron diferencias significativas entre tratamientos (ANVA,  $F= 4.000$ ,  $P= 0.0080$ ), donde los tratamientos intensivo, mejorado y testigo tuvieron mayor incremento diamétrico promedio 0.45 cm/año, con relación al tratamiento normal. En cambio los gremios (esciófita total y heliófita durable) no presentaron diferencia significativa entre 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).



**Figura 10.** Tasa de incremento diamétrico considerando 4 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).

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

### Efecto del corte de bejucos en el crecimiento de AFC

Se cortaron 7 bejucos en promedio general por cada árbol de futura cosecha. La especie *Hevea brasiliensis* fue la especie a la que se cortó mayor cantidad de bejucos. En total se liberaron 52 árboles de *Hevea brasiliensis*, lo cual significó cortar en total de 440 bejucos (8.2 bejucos por árbol de *Hevea brasiliensis*).

Por otro lado, la especie a la que se tuvo que cortar mayor cantidad de bejucos por árbol fue *Dypterix odorata* 13.5 bejucos (Cuadro 6).

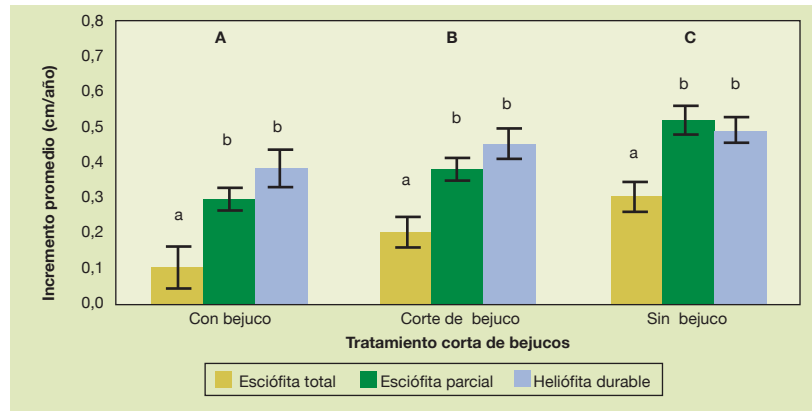
El incremento diamétrico de los AFC fue afectado por el tratamiento corte de bejucos (ANVA de dos vías;  $F = 8.227$   $P = 0.0001$ ), también se halló diferencias entre gremios ecológicos (ANVA de dos

**Cuadro 6.** Árboles de futura cosecha liberados de bejucos. Se presenta datos sobre la cantidad total de bejucos cortados, el promedio de bejucos cortados por árbol, y el incremento diamétrico promedio (cm/año).

Nombre vulgar	Nombre científico	N° 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
cachea	<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 sp.</i>	33	265	8,3	0,21
toco blanco	<i>Enterolobium sp.</i>	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
<b>Total</b>		262	2015	7,0	0,45

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. Contrario a lo mencionado, se observó menor incremento diamétrico promedio en árboles con bejucos. Observando a nivel de gremios ecológicos, se encontró que las esciófitas totales presentaron incrementos menores, en cambio los gremios 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 ecológicos (ANVA de dos vías,  $F = 0.701$ ,  $P = 0.592$ ).

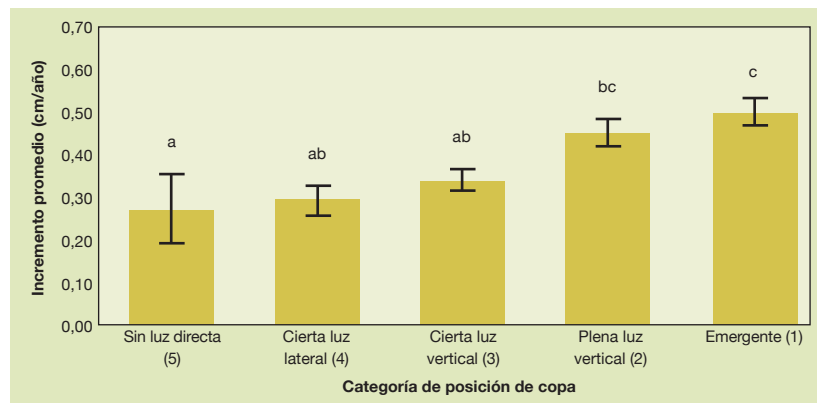
**Figura 11.** Incremento diamétrico por efecto de corte de bejucos y gremio ecológico. Datos son promedio del ICA y error estándar (EE). Letras en mayúscula indican diferencias significativas entre tratamientos de corta de bejucos. Letras en minúscula indican diferencia significativa entre gremios dentro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



### 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 solo luz indirecta (ANVA;  $F= 7.963$   $P= 0.0001$ ). El menor incremento diamétrico se observó en la categoría 5, árboles sin luz directa (0.27 cm/año), mientras que el mayor incremento ocurrió en la categoría 1, árboles emergente (0.51 cm/año), seguido de la categoría 2, árboles con plena luz vertical (0.45 cm/año) (Figura 12).

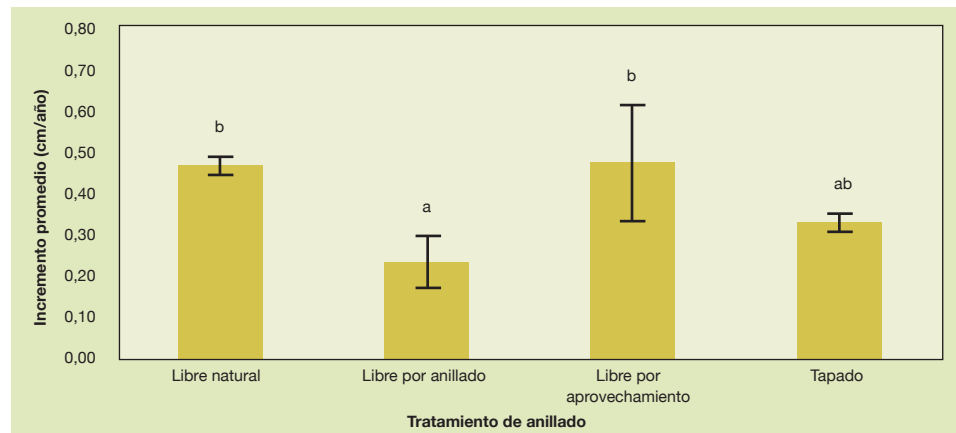
**Figura 12.** Incremento diamétrico por posición de copa. Datos son promedio del ICA y error estándar (EE). Columnas con letras diferentes difieren significativamente entre si.



### Tasa de crecimiento promedio de los AFC por anillamiento

La aplicación del tratamiento de liberación por anillado benefició a 17 AFC, que se encuentran en las clases diamétricas de 10 – 30 cm de DAP. Asimismo la efectividad del tratamiento anillado fue 53,9%, ya que nueve de los 17 árboles anillados murieron (el resto seguía vivo después de 2 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 anillado fueron significativos en sus tasas de incremento diamétrico (ANVA;  $F= 8.377$   $P= 0.0001$ ). Sin embargo, el anillado de árboles supresores no tuvo el efecto esperado, puesto que los AFC liberados, tuvieron menores tasas de incremento diamétrico. Contrario a lo mencionado, se ha observado mayores tasas de incremento diamétrico en árboles libres de forma natural, seguido de liberados por el aprovechamiento. Los árboles tapados presentaron incrementos intermedios (Figura 13).



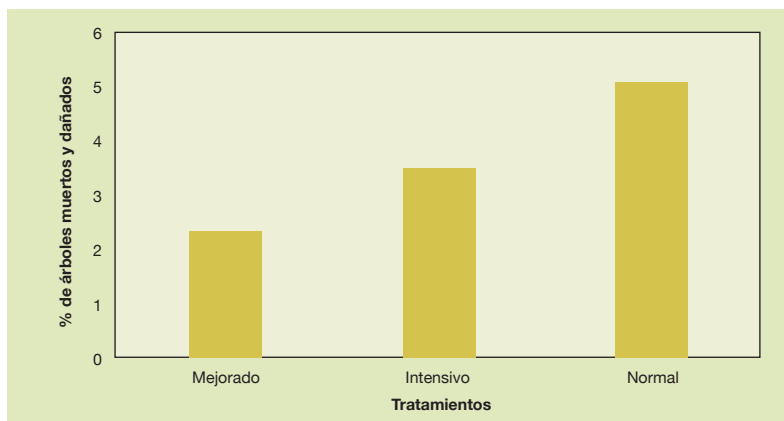
**Figura 13.** Efecto de la liberación de los AFC en la tasa de incremento diamétrico promedio general. Datos son promedio del ICA por anillamiento y error estándar (EE).

### Análisis del efecto del marcado de AFC

Los resultados encontrados del porcentaje de árboles muertos y dañados por causa del aprovechamiento varían entre tratamientos. Se ha encontrado el porcentaje de AFC muertos o que sufrieron daños por el aprovechamiento en parcelas con marcado los AFC, siendo el tratamiento intensivo con doble intensidad de corta, reporto mayor porcentaje de daño 3,5%, seguido por el tratamiento mejorado 2,4%. En contraste con lo anterior, el tratamiento normal donde no se hizo marcado de AFC, el porcentaje de AFCs dañados y muertos fue el doble 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 se duplico la intensidad de aprovechamiento (2,5 árboles/ha).

La tasa anual de mortalidad natural fue 0,97% para todos los AFC en general. Comparando la mortalidad natural entre tratamientos, se encontró en el tratamiento testigo mayor porcentaje de mortalidad (1,30% anual), seguido del tratamiento mejorado (1,10% anual), tratamiento normal (0,93% anual) y finalmente el tratamiento intensivo (0,88% anual). Además, de las 22 especies comerciales evaluadas sólo 10 especies tuvieron individuos que murieron durante el periodo de evaluación. Las especies con mayores porcentajes de mortalidad fueron *Tabebuia* sp., *Apuleia leiocarpa*, *Amburana cearensis* y *Enterolobium* sp. (Cuadro 7).





**Figura 14.** Porcentaje de árboles muertos y dañados por tratamiento.

**Cuadro 7.** Mortalidad natural de AFC 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.


Nombre vulgar	Especie	Mortalidad por aprovechamiento (%)
tajibo amarillo	<i>Tabebuia</i> sp.	11.87
almendrillo hoja chica	<i>Apuleia leiocarpa</i>	6.45
roble	<i>Amburana cearensis</i>	4.74
toco blanco	<i>Enterolobium</i> sp.	4.74
siringa	<i>Hevea brasiliensis</i>	3.70
paquiocillo	<i>Hymenaea parvifolia</i>	3.30
verdolago	<i>Terminalia amazonica</i>	2.65
mururé	<i>Clarisia racemosa</i>	2.32
cedro	<i>Cedrela odorata</i>	2.32
castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	1.97

## Discusión

### Estructura de la población

La mayoría de los AFC registrados (69% de los individuos) son codominantes en el bosque amazónico, compuesto principalmente por especies como *Clarisia racemosa*, *Aspidosperma vargasii* y *Cedrela odorata*. En cambio sólo el 31 % de los individuos son dominantes, entre estas especies están *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), mencionan que la especie *Hevea brasiliensis* está entre los 10 especies más abundantes y dominantes del bosque amazónico.

El porcentaje de árboles considerados como AFC varía según los tratamientos. El mayor porcentaje tuvo el tratamiento testigo 54,6%, seguido del intensivo con 47.8 %. La densidad general fue 7.5 AFCs/ha y varió entre especies. Las especies que actualmente aprovecha la empresa presentaron densidad baja de AFCs/ha, entre las especies están *Dipteryx adorata*, *Amburana cearensis* y *Manilkara bidentata*, en contraste con lo anterior, la especie con alta densidad de individuos fue *Tabebuia* sp. Igualmente se observó similar patrón en las especies potenciales, *Hevea brasiliensis* y *Aspidosperma vargasii*, presentaron altas densidades, en cambio las especies *Heisteria nitida*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Cariniana* sp y *Parkia pendula* presentaron densidades muy bajas. En términos de densidad de AFC por gremio ecológico varió entre gremios, siendo el gremio heliófita durable con mayor densidad 3,3 árboles/ha, seguido del gremio esciófita parcial con 3,2 árboles/ha, y finalmente del gremio esciófita total con 1 árbol/ha.

### Crecimiento de árboles de futura cosecha

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, Liconá, (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 intermedias (20 – 50 cm DAP).

### **Efecto del corte de bejucos en el incremento diamétrico de 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 aplicación, se recomienda aplicar en árboles comerciales que serán aprovechados en el siguiente ciclo de corta.

### **Tasa de crecimiento promedio de AFC por posición de copa**

Se ha encontrado que las tasas de crecimiento de las especies varían según las categorías de posición de copa, tanto las categorías 1 (emergente) y 2 (plena vertical) presentan incrementos diamétricos mayores mientras que la categoría 5 (ausencia de luz directa) presenta el menor incrementos. Estudios similares corroboran los resultados obtenido Poorter et al. 2001, Dauber et al. 2003.

## Efecto del anillamiento en el incremento diamétrico de 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. Este resultado se puede deber a 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. 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. Ohlson, et al. (2003) en un estudio de tratamientos alternativos de anillamiento y aplicación de herbicidas para la liberación y mejora de rodales en bosque húmedo obtuvo 97,5% de efectividad en anillado en época seca y 90% 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 que 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.

## Análisis del efecto del marcado de AFC

El efecto del marcado de AFC para disminuir el daño causado durante el aprovechamiento con la misma intensidad de corta tuvo el efecto esperado. El tratamiento mejorado con marcado de AFC reportó 2,4% de árboles muertos y dañados, mientras que en el tratamiento normal sin marcado 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 marcado de AFC fue también una práctica que resultó en un menor porcentaje de AFC muertos o dañados en

un bosque de transición chiquitano amazónico (Evans et al. 2003; Wrueger, 2003; 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, los resultados demuestran la importancia que representa del mercado de AFC en el campo.

La tasa anual de mortandad natural promedio general de 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), reporto 2,05% de mortalidad natural en la amazonía, Licona, (2007) reporto 2.38 %. Fessy, (2007) en un estudio realizado en la ecoregión preandino amazónico en la 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 causado por el aprovechamiento forestal en el presente estudio se obtuvo 2,91%, este valor esta por debajo de otros estudios similares. Por ejemplo, Licona, (2007) reporto 4,84% de mortalidad a causa del aprovechamiento, Fessy, (2007), reporto 5,1% de mortalidad. La diferencia de mortalidad encontrada en el presente estudio se debe al mercado de árboles comerciales actuales y potenciales en el campo y el empleo de técnicas adecuadas durante el aprovechamiento.

## 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 tener cantidades 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 AFC reduce el 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.

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 fue 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 forestal las densidades bajas de AFCs tendría serias implicaciones para el manejo forestal, 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 que tiene, 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.

## 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, que permita realizar comparaciones cabales del efecto de los diferentes tratamientos silviculturales en el incremento diamétrico de AFC 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 grado de aprovechamiento y aplicación silvicultural.



## Bibliografía

- 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.
- 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., Leaño C., Licona J. C., Dauber E., Gunnar L., Hager N., Caba C. 1999. Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). Proyecto BOLFOR, PROMABOSQUE, Santa Cruz, Bolivia.
- Dauber, E., T.S. Fredericksen, M. Peña-Claros, C. Leaño, 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. 50 pp.
- Dawkins, H.C. y Philip M.S. 1998. *Tropical Moist Forest Silviculture and Management: A History of Success and Failure*. CAB International, United Kingdom, 359p.
- Evans, K.; M. Peña-Claros, y Willian. P. 2003 Análisis de los costos y beneficios de dos tratamiento silviculturales aplicados en un bosque de la transición Chiquitana Amazónica. Documento Técnico # 134. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- 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.
- Fessy, G. N. 2007. Evaluación de la dinámica de árboles a través del análisis de parcelas permanentes de monitoreo en agrupaciones sociales del lugar y tierras comunitarias de origen de los municipios de Ixiamas y San Buenaventura- La Paz. Cochabamba, Bolivia.
- 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, B. Mostecedo y T.S. Fredericksen eds. 157-172.
- IBIF, 2003. Monitoreo de Parcelas de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP) en Diferentes Ecoregiones de Bolivia. Informe Final. Instituto Boliviano de Investigación Forestal Santa. Cruz, Bolivia.



IBIF, 2005. Crecimiento, Reclutamiento y Mortalidad de Árboles de la Región Chiquitana de Bolivia con Base en las Parcelas Permanentes de 1 ha. Informe Final. Instituto Boliviano de Investigación Forestal. 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.

Hutchinson, I. 1993. Puntos de Partida y Muestreo Silvicultura para la Silvicultura de Bosques Naturales del Trópico Húmedo. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales N o 7. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica: Informe Técnico N o 204.

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.

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. Santa Cruz, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón.

Mostacedo, B., T. S., Fredericksen y M. Toledo. 1999. Respuestas de las plantas a la intensidad de aprovechamiento en un bosque semidecídúo pluviestacional de la región de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica 1 (2): 75 – 88.

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 1996. Nueva Ley Forestal. Ley 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. Vanclay 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. Santa Cruz – Bolivia. Documento técnico # 125.

- 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.
- 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.
- 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 # 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.
- Solís, F. A. 2004. Plan General de Manejo Empresa Maderera "SAGUSA S.R.L". Cobija, Pando. Bolivia.
- Synnott, T. J. 1991. Manual de procedimiento de instalación de parcela permanente para bosque húmedo tropical. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie de Apoyo Académico # 12. 103 pp.
- Uslar, Y., B. Mostacedo y M. Saldias. 2003. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz. Documento Técnico # 114. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Valerio, J. C. Salas. 1997. Selección de Prácticas Silviculturales para un Bosque Tropical Manual técnico, 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.

### Socios y beneficiarios - Proyecto BOLFOR II



El Proyecto de manejo forestal sostenible BOLFOR II se desarrolla en el marco de un convenio entre el Gobierno de Bolivia y USAID. Se implementa bajo el liderazgo de The Nature Conservancy (TNC) con las siguientes organizaciones: Centro Amazónico de Desarrollo Forestal (CADEFOR), Tropical Forest Trust (TFT), Consejo Boliviano para la Certificación Forestal Voluntaria (CFV), el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) y Fundación José Manuel Pando (FJMPando)



El Proyecto de manejo forestal sostenible **BOLFOR II** es un esfuerzo conjunto del Gobierno de Bolivia y USAID, ejecutado por TNC.

Esta publicación ha sido producida gracias al apoyo proporcionado por la Oficina de Medio Ambiente de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional/Bolivia (USAID/Bolivia), bajo los términos del Acuerdo Cooperativo No. 511-A-00-03-00200-00.

Las opiniones expresadas pertenecen a las personas e instituciones que implementan el Proyecto BOLFOR II y no representan necesariamente la opinión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).