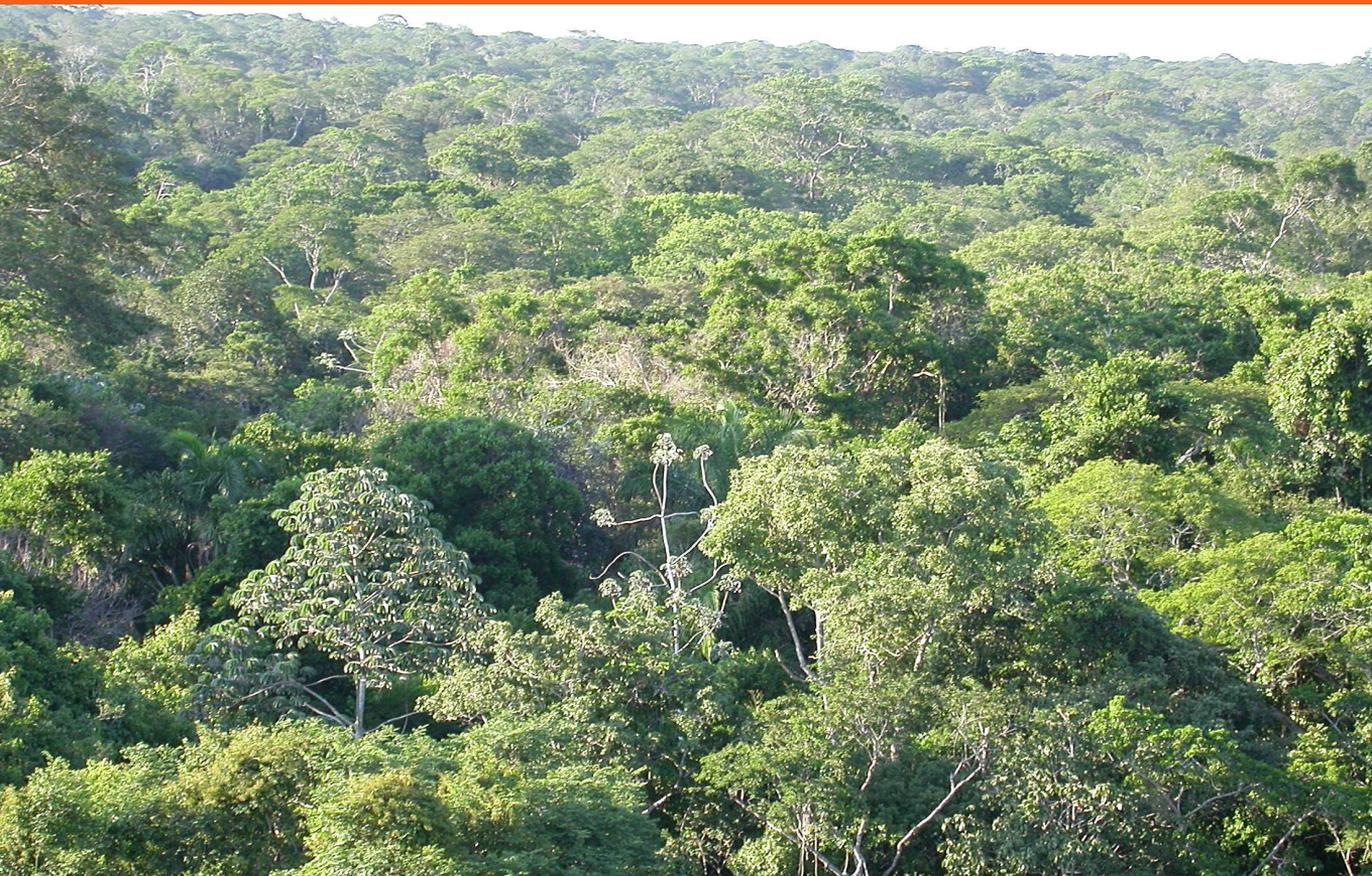


Dinámica de la Biomasa en Áreas de Manejo Forestal Sujetas a Diferentes Intensidades de Aprovechamiento



Documento Técnico No. 3

Enero de 2008
SANTA CRUZ DE LA SIERRA - BOLIVIA

Bonifacio Mostacedo
Zulma Villegas
Juan Carlos Licona
Alfredo Alarcón
Claudio Leño
Marielos Peña
Lourens Poorter

DINÁMICA DE LA BIOMASA EN ÁREAS DE MANEJO FORESTAL SUJETAS A DIFERENTES INTENSIDADES DE APROVECHAMIENTO

AUTORES

Bonifacio Mostacedo¹, Zulma Villegas¹, Juan Carlos Licona¹,
Alfredo Alarcón¹, Claudio Leño¹, Marielos Peña^{1,2}, Lourens Poorter^{1,2}

INSTITUTO BOLIVIANO DE INVESTIGACION FORESTAL (IBIF)



Documento Técnico # 3

CORRESPONDENCIA DE AUTORES:

1. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Casilla # 6204. ibif@ibifbolivia.org.bo
2. Forest Ecology and management Group, Wageningen University,
P.O. Box 47, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.

Enero de 2008
SANTA CRUZ DE LA SIERRA – BOLIVIA

Este estudio fue financiado por:
Programa Nacional de Cambio Climático (PNCC),
del Ministerio de Planificación del Desarrollo Bolivia
Proyecto BOLFOR II

Cita bibliográfica:

Mostacedo B., Z. Villegas, J. C. Licona, A. Alarcón, C. Leño, M. Peña-Claros y L. Poorter 2008. Dinámica de la biomasa en áreas de manejo forestal sujetas a diferentes intensidades de aprovechamiento. Documento Técnico # 3. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.

Financiamiento de diseño e impresión:
WWF Bolivia / WWF Suecia / ASDI

La publicación de este libro fue posible gracias al apoyo de WWF Bolivia, WWF Suecia y ASDI. Las opiniones expresadas en este documento son las de los autores, y no necesariamente reflejan el criterio institucional de WWF ni el de ASDI.

Diagramación

Barbián Comunicación

ISBN: 978-99905-950-1-7

Depósito Legal: 8-2-103-08

Impresión: Landivar SRL

Copyright©2008 by
Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF)



REPÚBLICA DE BOLIVIA



Agradecimientos

Al Programa Nacional de Cambio Climático y BOLFOR II por haber financiado esta investigación.

Al Proyecto BOLFOR I por haber iniciado la implementación de las parcelas permanentes de investigación Silvicultural.

A las empresas La Chonta e INPA Parket que han apoyado la implementación y monitoreo de las parcelas en sus áreas de aprovechamiento.

A todo el equipo de IBIF por el arduo trabajo, tanto de levantamiento de datos en campo como de análisis de los mismos en gabinete. Especialmente a los materos Juan Pesoa, Marcelino Aguilar, José Chuviña, Genaro Chuviña, Ricardo Méndez, Ángel Méndez, Hilario Rodríguez y Víctor Hugo Hurtado

Tabla de Contenido

Agradecimientos	3
Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción	7
2. Bases teóricas	8
2.1. Parcelas permanentes de investigación	8
2.2. Biomasa aérea	9
3. Esquema de la investigación	10
3.1. Area de estudio	10
3.2. Diseño de la investigación	12
3.2.1. Tratamientos aplicados a las parcelas	13
3.2.2. Descripción de los gremios ecológicos	15
3.3. Mediciones	15
3.3.1. Tamaño de las parcelas y variables alométricas medidas	15
3.3.2. Evaluación de número de individuos, mortalidad y crecimiento	16
3.3.3. Peso y volumen de la madera	17
3.3.4. Altura y diámetro	17
3.4. Elaboración de datos	19
3.4.1. Densidad de la madera	19
3.4.2. Relación altura vs. Diámetro	19
3.4.3. Biomasa aérea	20
3.4.4. Tasa de crecimiento	20
3.4.5. Tasa de reclutamiento	20
3.4.6. Tasa de mortalidad	21
4. Presentación, análisis e interpretación de resultados	21
4.1. Relaciones alométricas	21
4.2. Densidad de madera	22
4.3. Índice de crecimiento diamétrico	23
4.4. Reclutamiento de árboles	26
4.5. Mortalidad de árboles	27
4.6. Biomasa aérea pre y post aprovechamiento	30
5. Conclusiones y recomendaciones	35
Bibliografía	38
Anexo	41

Resumen

En la búsqueda de usos múltiples y adecuados de los bosques, se ha calculado de manera confiable la biomasa aérea y su dinámica en dos de los más importantes tipos de bosque de las tierras bajas de Bolivia que están en este momento bajo aprovechamiento de madera. El estudio ha sido conducido en parcelas experimentales permanentes de gran tamaño, habiéndose monitoreado durante tres años 320 hectáreas en el bosque sub-húmedo y 160 hectáreas en el bosque seco. El diseño de la muestra se ha construido de tal manera que existan tres intensidades de aprovechamiento y al menos dos réplicas para cada uno de ellos, más las correspondientes áreas de control. Para estimar la biomasa aérea, para cada tipo de bosque se ha realizado regresiones alométricas de altura y diámetro, se han calculado tasas de crecimiento y estimado la densidad específica de la madera para la mayoría de las especies en cada tipo de bosque. Los resultados muestran en ambos bosques, que la cantidad de biomasa fijada fue entre 160-170 ton/ha y fue similar entre ambos tipos de bosque. En el bosque sub-húmedo la cantidad de biomasa fue similar entre tratamientos de intensidad de aprovechamiento, mientras que en el bosque seco la mayor cantidad se encontró en el tratamiento testigo. La tendencia es que, a mayor intensidad de aprovechamiento menor cantidad de biomasa remanente. Se muestra también que el impacto del aprovechamiento se extiende hasta los años posteriores al mismo, lo que dificulta la recuperación natural del bosque. Finalmente, se discute si áreas de producción forestal maderera pueden tener un importante rol en el dinamismo de fijación de carbono de los bosques tropicales.

Palabras clave: biomasa, bosques tropicales, escenarios, incremento corriente anual, intensidad de aprovechamiento, mortalidad, parcelas experimentales permanentes, reclutamiento.

Abstract

In the search for multiple and appropriate uses for forests, we estimated with a high level of confidence the aboveground biomass and its dynamics in two of the most important forests used for timber harvests in Bolivia's tropical lowlands. This study was conducted in large permanent experimental plots; one plot of 320 hectares in sub-tropical humid forest and another of 160 hectares in semideciduous dry forest have been monitored for 3 years. The experimental design considers different silvicultural treatments with three levels of logging intensities with at least two repetition each, as well as control plots where no logging took place. In order to estimate aboveground biomass, we developed allometric regressions, relating height and diameter; we also estimate growth rate and specific density of wood for the most important species in each forest type. The results show that the amount of fixed biomass was around 160 to 170 ton/ha and was similar in both forest types. In the sub-tropical humid forest the amount of biomass was similar among silvicultural treatments, whereas in the dry forest the amount was greater in the control plot. The general trend shows that the greater the logging intensity, the smaller amount of aboveground biomass is recovered. This study also shows that the impact of logging extends years after logging stopped, which hampers the natural recovery of forest. Finally we discuss if managed forests with timber extraction may have an important roll in the dynamics of carbon fixation in tropical forests.

Key words: Biomass, growth, mortality, permanent sample plot, recruitment, scenarios, tropical forest.

1. Introducción

Desde 1992, Bolivia es signataria de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, creando en principio el Consejo Interinstitucional de Cambio Climático (CICC). El actual Programa Nacional de Cambio Climático es el responsable de coordinar técnicamente acciones que nos permitan cumplir con los compromisos que vienen asociados a la firma del documento de la convención y el protocolo de Kyoto. Esto implica, de manera genérica, proponer estrategias y políticas nacionales relativas al cambio climático. El mismo programa desarrolla, a través de fondos concursables, estudios de impacto de los cambios climáticos y estudios de medidas de adaptación.

De acuerdo a Malhi y Grace (2000), los bosques tropicales que son parte de la cuenca amazónica son uno de los biomas más importantes de Tierra pues almacenan el 40% del carbono que reside en la vegetación terrestre. Por lo tanto, cambios en la estructura y función de estos bosques, aun si se dan en pequeña escala, podrían tener consecuencias globales para la biodiversidad, el ciclo del carbono y las tasas de cambio climático.

Es un hecho real que Bolivia cuenta con aproximadamente 52 millones de hectáreas de bosques naturales, y aproximadamente con 6 millones de hectáreas bajo aprovechamiento forestal. También es un hecho que tenemos una tasa elevada de deforestación anual que se incrementa año a año. Según datos de la Superintendencia Forestal, la deforestación para el año 2005 habría alcanzado su mayor nivel llegando a aproximarse a las 300 000 hectáreas, las cuales se deforestaron en su mayoría para fines agrícolas o pecuarios (Superintendencia Forestal, 2006). Estos datos llevan indudablemente a preguntarse cuánto estarán nuestros bosques aportando en su calidad de sumidero de carbono y cómo cambia esta situación cuando el bosque es aprovechado con fines de extracción maderable y a diferentes intensidades de aprovechamiento.

El monitoreo de los bosques tropicales a largo plazo en parcelas permanentes, son una forma confiable de obtener datos de la dinámica de poblaciones de árboles, pues nos permiten conocer tasas de mortalidad y reclutamiento. Estas parcelas también nos permiten calcular área basal y la biomasa de los bosques maduros. Los estudios temporales y la simulación, nos permiten acercarnos a mediciones más precisas en cuanto a la capacidad de sumideros de CO₂ atmosférico de nuestros bosques.

Dentro de este marco el estudio desarrollado por IBIF pretende mejorar el entendimiento del ciclo de carbono, como uno de los elementos claves del cambio climático global en dos tipos específicos de bosque de nuestro país. Se trata de conocer y entender mejor la contabilidad de fijación de biomasa en bosques naturales, bajo condiciones de aprovechamiento a diversas intensidades, comenzando con las variaciones del stock de biomasa en el tiempo.

El documento contiene información temporal generada en las parcelas permanentes instaladas en dos diferentes tipos de bosque, que permiten calcular el “stock” de biomasa antes del aprovechamiento, y un año, dos años y cuatro años después del aprovechamiento. A su vez analiza los cambios en el tiempo, considerando tres intensidades de aprovechamiento forestal y aplicación de tratamientos silviculturales, más un tratamiento testigo o de control. Esta investigación se inicia bajo las hipótesis de que había diferencias entre el stock de biomasa, tanto entre tipos de bosque como entre tratamientos. Las mismas son corroboradas con el estudio en unos casos y en otros son rechazadas.

2. Bases teóricas

2.1. Parcelas permanentes de investigación

La Ley Forestal vigente en Bolivia contempla el establecimiento de un sistema de monitoreo para evaluar el impacto del aprovechamiento en el crecimiento y rendimiento del bosque. El objetivo de este sistema es proporcionar la información necesaria para ajustar y corregir los instrumentos de gestión, garantizando de esta manera que el recurso forestal sea manejado sosteniblemente. Los usuarios principales de la información que genera el sistema de monitoreo se identifican en tres grupos principales:

- Ministerio de Desarrollo Rural Agropecuario y Medio Ambiente, para establecer y revisar las normas de manejo forestal,
- Superintendencia Forestal, en el proceso de aprobar y supervisar los Planes Generales de Manejo Forestal,
- Usuarios forestales, para la implementación de los Planes Generales de Manejo Forestal y la aplicación de prácticas silviculturales.

El sistema de monitoreo está basado en la instalación de parcelas permanentes de monitoreo en las áreas bajo manejo forestal. Una parcela permanente de monitoreo es un área de bosque bajo manejo forestal, donde todos los árboles existentes han sido identificados, medidos y etiquetados para evaluar su desarrollo en el tiempo. Las parcelas permanentes están agrupadas en una Red Nacional de Parcelas Permanentes. Esta red está conformada por dos tipos de parcelas permanentes: convencionales y experimentales. Estas parcelas permiten obtener información valiosa para el manejo de los bosques; como ser el efecto del aprovechamiento en el crecimiento de los árboles y en la producción de madera del bosque, efecto del aprovechamiento en la biodiversidad y respuesta del bosque a tratamientos silviculturales. Hasta ahora el IBIF tiene cerca de 800 ha de parcelas ubicadas en diferentes tipos de bosque del país y más de 160 000 árboles siendo evaluados periódicamente.

Una limitación de las parcelas permanentes convencionales es su tamaño, generalmente de una hectárea. Para efectos de investigación de los impactos del aprovechamiento, por ejemplo en la fauna, una hectárea no permite recolectar información relevante. Por lo tanto, con la finalidad de evaluar el impacto del aprovechamiento en la dinámica del bosque y en la biodiversidad, así como generar información sobre los tratamientos silviculturales más adecuados para el país, el proyecto BOLFOR I, en colaboración con instituciones bolivianas y organizaciones internacionales, comenzó en el año 2000 la ejecución del Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP). La responsabilidad de continuar con este programa de investigación fue transferida al IBF hacia finales del 2003.

El PISLP consiste en instalar parcelas experimentales repetidas en distintos tipos de bosque tropical en Bolivia, para determinar prácticas de manejo adecuadas a cada tipo de bosque. Cada parcela tiene un tamaño aproximado entre 20 y 27 ha, superando de esa manera los problemas de las parcelas pequeñas.

2.2. Biomasa aérea

La estimación del volumen de la biomasa aérea de los árboles es esencial para estudios de almacenes y flujos de carbono en los ecosistemas forestales. Por ello es necesario entender el papel que juega el aprovechamiento forestal a distintas intensidades, y la dinámica de biomasa que esta perturbación genera en los distintos tipos de bosque.

Existen varios métodos para estimar la biomasa aérea, siendo el destructivo el más preciso; sin embargo hay otros métodos que brindan buenos resultados, como por ejemplo el de diámetro normalizado y la altura. Las ecuaciones alométricas se derivan de estos datos para estimar biomasa total y se usan además para realizar inventarios forestales y estudios ecológicos (Whittaker y Marks (1975) y Pardé (1980). Aplicaciones recientes y estimaciones de biomasa en estudios ambientales incluyen diferentes autores como: Uhl et al. (1988); Brown et al. (1989); Brown y Lugo (1992); Brown (1997); Schroeder et al. (1997); Porter et al (2001) y Dauber et al. (2003).

La información de biomasa se ha usado para diferentes propósitos como: a) estimación del contenido de carbono en el bosque (Brown y Lugo, 1984; Brown et al., 1989; Brown, 1997); b) cuantificación de la cantidad de nutrientes en los ecosistemas (Baker et al., 1984; Lim, 1988); c) determinación de la fijación de energía en ecosistemas forestales (Satto, 1968); d) descripción cuantitativa de ecosistemas y fuentes de biomasa disponibles (Young y Tryon, 1978; Brown, 1997); e) evaluar cambios en la estructura del bosque (Brown, 1997); f) cuantificación de la cantidad de gases de efecto invernadero que no se libera evitando la deforestación (Brown, et al 2000); y g) cuantificación del incremento y rendimiento de bosques y crecimiento-productividad.

Específicamente sobre la medición de biomasa efectuada en el Parque Noel Kempff Mercado, esta se basó en parcelas permanentes de remediación y se midieron diferentes estratos, tales como biomasa aérea de árboles, palmas, árboles muertos en pie, árboles muertos caídos, sotobosque, hojarasca, suelo y raíces. Las mediciones se realizaron en diferentes micro-sitios en el interior del Parque. La biomasa promedio en árboles fue calculada usando la ecuación de Brown (1997) que será descrita más adelante. Sus resultados promedio muestran que la biomasa aérea de árboles mayores a 10 cm de DAP es aproximadamente el 40% de la biomasa total (Brown, et al. 2000). El Parque Noel Kempff Mercado se encuentra al norte del Bosque Seco Chiquitano, y si bien contiene varias formaciones vegetales, el más representativo del área es el bosque húmedo amazónico.

Se han desarrollado ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea de diferentes especies tropicales. Entre las ecuaciones alométricas para algunas de estas especies están: *Tectona grandis* (Pérez y Kanninen, 2003), *Eucalyptus* sp. (Senelwa y Sims, 1998) y *Pinus pinaster* (Ritson y Sochacki, 2003). Algunos otros estudios recientes han mostrado un considerable rango en ecuaciones alométricas para bosques primarios y secundarios en los trópicos húmedos de Brasil (Alves et al., 1997; Araújo et al., 1999; Nelson et al., 1999). En Bolivia se han desarrollado ecuaciones alométricas para varias especies del bosque seco y el bosque sub-húmedo por Poorter et al. (en preparación).

3. Esquema de la investigación

3.1. Área de estudio

Este estudio fue realizado en dos tipos de bosque: bosque sub-húmedo y bosque seco en las tierras bajas de Bolivia. La primer área de estudio se encuentra en la Concesión Agroindustrial La Chonta (de aquí en adelante La Chonta), que está ubicada en la provincia Guarayos del departamento de Santa Cruz (15°47'S, 62°55'W, Figura 1). La concesión tiene 100 000 ha de superficie. Esta concesión ha sido certificada por el buen manejo forestal que viene realizando desde el año 1998. La vegetación de La Chonta está clasificada como bosque sub-húmedo con una precipitación promedio de 1532 mm/año y época seca de 4-5 meses y temperatura promedio es de 24,5 °C. Alrededor del 50% de los árboles en la época seca son deciduos, con alturas entre 20 a 30 m y árboles emergentes hasta 42 m. Para árboles mayores a 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho) existen en promedio 59 especies/ha, con una densidad de 368 árboles/ha y un área basal promedio de 20 m²/ha. Las especies abundantes del dosel superior y emergentes son *Ficus boliviana*, *Hura crepitans* y *Cariniana ianeirensis*, mientras que del dosel intermedio son *Pseudolmedia laevis* y *Ampelocera ruizii* (Peña et al., en prep.). Las lianas son abundantes y dominantes en áreas perturbadas y el 70% de los árboles tiene lianas (Alvira 2002).



Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio mostrando las principales ecoregiones según el mapa forestal dentro de las tierras de producción forestal.

El otro sitio de estudio se encuentra en la propiedad privada INPA Forest (de aquí en adelante INPA), que está ubicada a 30 km al NE de Concepción, en la provincia Ñuflo de Chávez, del departamento de Santa Cruz ($16^{\circ}6'S$, $61^{\circ}43'W$, Figura 1). INPA tiene 30 000 ha de superficie. INPA, al igual que La Chonta, está certificada bajo los estándares del Consejo Mundial Forestal (FSC) desde 1997. La vegetación del área es denominada por bosque semidecíduo chiquitano (Beck et al. 1993) (que en este documento se denominará como el bosque seco). Tiene una precipitación promedio de 1100 mm/año y una temperatura promedio de $24,3^{\circ}C$. La época seca es de 5 meses (mayo a octubre) y durante este tiempo el 90% de los árboles son deciduos. Para árboles mayores a 10 cm DAP existen en promedio 34 especies/ha, con una densidad de 437 árboles/ha y un área basal promedio de $19,7 m^3/ha$. La altura del dosel superior es de 20 a 25 m y las especies abundantes son *Anadenanthera macrocarpa*, *Centrolobium microchaete* y *Caesalpinia pluviosa* (Peña et al., en prep.). Una especie muy dominante del dosel intermedio es *Acosmium cardenasii*. En estos bosques el 77% de los árboles tiene lianas, aunque sólo el 35% están cubiertos totalmente (Carse et al. 2000).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño del estudio ha sido enmarcado dentro del esquema establecido en el Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP). Estas parcelas fueron establecidas por el Proyecto BOLFOR I en principio y por el IBIF posteriormente. En el caso de La Chonta se instalaron tres bloques, el primero en octubre del 2000, el segundo en abril del 2001 y el tercero en noviembre del 2001, estas parcelas han sido remedidas anualmente aproximadamente en las mismas fechas por 2 años consecutivos y la tercera remediación se hizo dos años después de la segunda. En la propiedad INPA se instalaron 2 bloques, el primero en junio del 2002 y el segundo en marzo del 2003. Estas parcelas fueron remedidas anualmente durante dos años consecutivos y se realizó una tercera remediación 2 años después de la segunda.

Las parcelas del PISLP han sido instaladas mediante un diseño aleatorio de bloque completo, donde en cada bloque hay 4 tratamientos que varían en su intensidad de aprovechamiento y tratamientos silviculturales (Figura 2).

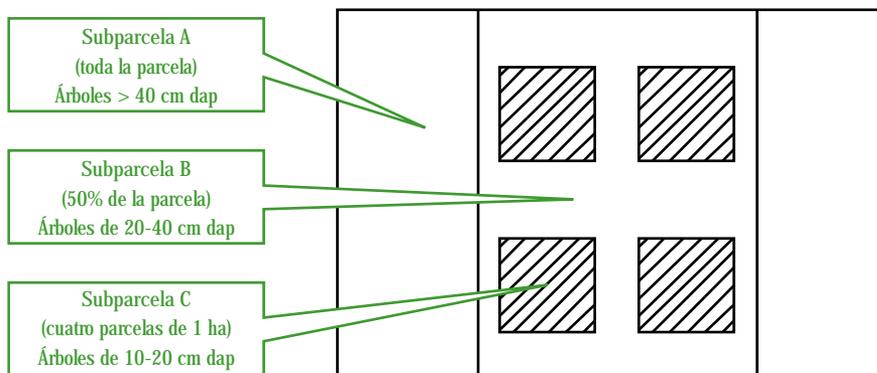


Figura 2. Diseño de las parcelas experimentales instaladas en dos tipos de bosques en Bolivia

Usando el mapa generado por el censo se delinearon cuatro áreas en el terreno forestal, de manera que los sitios fueran similares en densidad de árboles aprovechables, tipos de vegetación y topografía. Posteriormente se asignaron al azar los tratamientos a aplicarse en los sitios seleccionados. Los sitios donde se colocaron las parcelas testigo fueron asignados subjetivamente, a fin de maximizar el área de bosque no intervenido para tener una mayor área de amortiguamiento.

3.2.1. Tratamientos aplicados a las parcelas

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

Tratamiento testigo.- Las parcelas de este tratamiento no han sido aprovechadas, aunque se cortaron algunos bejucos en los árboles aprovechables. La corta de bejucos fue realizada por personal de cada empresa durante los censos forestales, ejecutados en las áreas anuales de aprovechamiento (AAA) un año antes del aprovechamiento.

Puesto que se usaron las AAA previamente censadas para ubicar los bloques, esta intrusión en los testigos fue inevitable. Típicamente, sólo había entre 1 y 2 árboles comerciales por hectárea, y los trabajadores cortaron entre 1 y 4 bejucos en cada árbol.

Tratamiento normal (Aprovechamiento normal).- Las parcelas que recibieron este tratamiento fueron aprovechadas de acuerdo al sistema actual de extracción de cada empresa. Este sistema incluye: (a) planificación de caminos y aprovechamiento basado en el censo de árboles comerciales; (b) aprovechamiento de árboles superiores al límite diamétrico (en el bosque subhúmedo generalmente 50 cm de DAP, pero 70 cm para *Hura crepitans*, *Swietenia macrophylla* y *Ficus boliviana*; y en el bosque seco generalmente 40 cm de DAP); (c) 20% de los árboles comerciales mayores al límite diamétrico son dejados como semilleros y como factor de seguridad para asegurar que habrá suficientes árboles para el segundo ciclo de corta; (d) corte de bejucos en árboles comerciales; y (e) corta dirigida, principalmente para reducir el riesgo de accidentes y facilitar la extracción de troncas, aunque también se consideró la disminución de daños a los árboles circundantes.

Tratamiento mejorado (Aprovechamiento con baja silvicultura).- Las parcelas con este tratamiento han recibido todas las operaciones descritas para el tratamiento normal, y adicionalmente se les aplicó los siguientes tratamientos: (f) marcado, antes del aprovechamiento, de árboles de futura cosecha (AFC) de las especies actualmente extraídas en cada empresa; (g) corte de todos los bejucos situados en el fuste o la copa de los AFC; (h) liberación de AFC, de árboles no-comerciales que les den sombra mediante anillamiento. Se define como AFC a los árboles con excelente o buena calidad de fuste y copa; y DAP > 10 cm. y menor al diámetro mínimo de corta (DMC).

Tratamiento intensivo (Aprovechamiento con alta silvicultura).- Las parcelas con este tratamiento han recibido todas las operaciones del tratamiento normal y mejorado, y adicionalmente se les aplicó los siguientes procedimientos: (i) se realizó marcado adicional de AFC incluyendo a las especies de menor valor o potenciales; (j) corte de bejucos y liberación de especies de árboles no comerciales; (k) aprovechamiento de doble intensidad, para lo cual se incluye la extracción de especies menos conocidas que actualmente no son aprovechadas por las empresas; (l) tratamientos de mejora de rodales que incluyen el anillado, con motosierra y herbicida, de todas las especies arbóreas no comerciales con DAP mayor a 40 cm. Se exceptuaron especies importantes para la fauna, como ser las especies de *Ficus* y *Spondias mombin*; y (m) escarificación intencional del suelo en claros de aprovechamiento usando “skidder”, en el momento de la extracción de las troncas (Fredericksen & Pariona 2002).



Foto 1. Suelos escarificados con el uso de maquinaria.

3.2.2. Descripción de los gremios ecológicos

En este estudio se tomaron en cuenta 4 grupos o gremios ecológicos de árboles en ambos tipos de bosque. En primer lugar se dividieron en dos grupos grandes: heliófitas y esciófitas (Swaine & Whitmore 1988), y luego estas se dividieron en heliófitas efímeras, heliófitas durables, esciófitas parciales y esciófitas totales (Mostacedo & Fredericksen 1999, Pinard et al. 1999). El grupo de las heliófitas efímeras también se denomina grupo de regeneración, y lo componen aquellas especies pioneras que colonizan sitios abiertos o perturbados en el bosque como son los claros, caminos y otros sitios perturbados. Estas especies requieren de alta disponibilidad de luz para su germinación y crecimiento. Este grupo presenta árboles de rápido crecimiento, gran producción de semillas, ciclo de vida relativamente corto y se encuentran con mayor densidad en claros recientes. La densidad de la madera es generalmente baja, aunque hay ejemplos que muestran lo opuesto. Las heliófitas durables, por su parte, son especies de vida relativamente larga comparada a las heliófitas efímeras, y tienen un crecimiento entre rápido y regular; estas alcanzan grandes dimensiones tanto en diámetro como en altura. La densidad de la madera es entre baja a intermedia.

Las especies esciófitas, opuestamente a las heliófitas, se caracterizan porque requieren un cierto nivel de sombra. Las esciófitas parciales se desarrollan en la sombra pero requieren de luz para pasar a la etapa final del desarrollo. En cambio las esciófitas totales no requieren de iluminación directa para su desarrollo; crecen bajo sombra y se regeneran en cualquier lugar bajo el dosel del bosque. Las esciófitas en general tienen un crecimiento lento y son de larga vida.

3.3. Mediciones

3.3.1. Tamaño de las parcelas y variables alométricas medidas

Cada una de las parcelas tiene una superficie aproximada de 27 ha en el bosque sub-húmedo (450 x 600 m) y de 20 ha en el bosque seco (400 x 600 m). Estas parcelas fueron ubicadas en las diferentes áreas de aprovechamiento anual (AAA) definidas por cada empresa (Figura 2). Se ha monitoreado 12 parcelas en La Chonta y 8 en INPA de acuerdo al diseño descrito en el acápite 3.2. Previo al aprovechamiento los árboles de todas las parcelas fueron inventariados mediante un diseño anidado (Figura 2, Figura 3). Los árboles con DAP mayor a 40 cm fueron inventariados en toda la parcela (subparcela A). Los árboles con DAP entre 20 y 40 cm fueron inventariados en la mitad de la parcela (subparcela B). Los árboles con DAP entre 10 y 20 cm fueron inventariados en cuatro parcelas de 1 ha (subparcela C). Las palmeras se inventariaron en las subparcelas de diferente tamaño según su altura: las palmeras mayores a 9 m en la subparcela A, las palmeras de 6 a 9 m en la subparcela B y las de 3 a 6 m en la subparcela C. Las parcelas cuentan con una grilla de sendas que facilitan las mediciones periódicas y mapeo de árboles. En total se monitoreó en La Chonta 40 997 árboles y en INPA 25 910 árboles.



Foto 2. Corta de bejucos

Cada árbol fue mapeado mediante un sistema de coordenadas (x,y) para su posterior ubicación y remediación. Asimismo, a cada árbol se le colocó una placa de aluminio, la misma fue ubicada 20 cm más arriba de donde se midió el DAP. La ubicación de la medida del DAP ha sido marcada con pintura roja para facilitar la exactitud y precisión de las remediciones. Además del DAP, los siguientes datos fueron recolectados para cada árbol: especie, estimación de la altura total y altura comercial (altura comercial es la altura hasta la primera rama), posición de copa, forma de la copa (Dawkins 1958), calidad del fuste, infestación por bejucos (categorías, %) y estado sanitario del árbol y del fuste.

3.3.2. Evaluación de número de individuos, mortalidad y crecimiento

Después del aprovechamiento se contaron todos los tocones de los árboles aprovechados en cada tratamiento, a los cuales se les reconoció el DAP y altura comercial inicial, esta información permitió determinar el volumen aprovechado de cada individuo y especie. También en la fase post-aprovechamiento se evaluaron en todas las categorías diamétricas todos los árboles muertos o dañados por causa del aprovechamiento. Para todos los árboles que sufrieron algún tipo de daño, se determinó el nivel de daño producido en las diferentes partes (copa, fuste y raíz). La verificación de árboles muertos por el aprovechamiento, árboles aprovechados y árboles muertos por causas naturales, se usaron para el cálculo de las tasas de mortalidad. Para determinar el crecimiento de los árboles, en cada remediación se volvió a medir el DAP sobre la línea previamente marcada.

3.3.3. Peso y volumen de la madera

Para determinar la densidad de la madera se tomaron muestras de la mayoría de las especies arbóreas existentes en ambos tipos de bosque. Para cada especie se tomaron tres muestras de madera de 5 x 4 cm, dichas muestras corresponden a tres individuos diferentes, con diámetros mayores a 20 cm. En la Chonta se obtuvieron muestras de madera para 72 especies arbóreas, mientras que en INPA se tomaron muestras de 58 especies.

Inmediatamente después de haber obtenido las muestras de madera, se procedió a pesarlas con balanza de precisión de un decimal para determinar el peso húmedo. Luego estas muestras se llevaron al horno de secado, a 70 °C, para obtener el peso seco. Las muestras permanecieron en el horno hasta alcanzar un peso constante.

Antes de proceder al secado de las muestras de madera, estas se utilizaron para determinar su volumen. El procedimiento consistió en usar una probeta con agua de volumen conocido, donde se sumergió la muestra de madera. Una vez sumergida la muestra de madera en el agua se realizó la lectura del volumen final. La diferencia entre el volumen inicial y el volumen final es el volumen de cada muestra de madera por especie. En párrafos posteriores se describe cómo se realizó el cálculo de la densidad usando la información colectada.

3.3.4. Altura y diámetro

Para determinar las relaciones entre altura y diámetro de los árboles para cada especie se ejecutó un trabajo específico en campo, este consistió en medir tanto la altura como el diámetro de manera precisa a 30 árboles por cada especie. Se midieron la altura y diámetro para árboles de diferente tamaño, empezando desde los 5 cm de DAP hasta los árboles de diámetro máximo. La mayoría de las mediciones precisas de altura y diámetro fueron realizadas en las parcelas PISLP; sólo árboles de aquellas especies que no fueron encontradas en las parcelas o cuya abundancia era muy baja fueron medidos en otros sitios dentro del mismo tipo de bosque, pese a ello para algunas especies fue imposible encontrar 30 individuos y se trabajó con un número menor.

Para medir la altura de cada árbol se utilizó un clinómetro Suunto y la metodología de distancia variable. Cada medida fue tomada dos veces por dos personas diferentes, de manera independiente, para validar la calidad de la información. Se realizaron tres mediciones por cada árbol: 1.- hacia la base del árbol, 2.- a la altura comercial y 3.- a la altura total. El ángulo se mantuvo lo más cercano posible a 45° y en concordancia la distancia desde la base del árbol fue variando. Simultáneamente se midió el diámetro del mismo árbol con una cinta diamétrica de fibra de vidrio a una altura de 1,3 m.



Foto 3. Medición del diámetro de los árboles



Foto 4. Medición de altura

3.4. Elaboración de datos

3.4.1. Densidad de la madera

La densidad de la madera fue calculada en base a los datos de peso y volumen de las muestras obtenidas en campo como se describe en el acápite 3.3.3. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$De = \frac{PS}{Vol}$$

Donde: De es la densidad de madera, PS es igual al peso seco (gramos) y Vol es igual al volumen de madera (en centímetros cúbicos), recordando que se trata del volumen antes del secado.

En el anexo se han listado los datos de densidad de la madera para las especies seleccionadas en ambos tipos de bosque.

3.4.2. Relación altura vs. diámetro

Para determinar la relación entre la altura y diámetro de los árboles se hicieron regresiones no-lineales simples para cada especie, tomando los datos exclusivamente colectados para este fin. Para ello se utilizó la metodología descrita por Thomas (1996), que considera que el crecimiento en altura en relación al diámetro es asintótica, es decir, que la altura crece cuando crece el DAP, pero una vez que los árboles alcanzan su altura máxima esta ya no se modifica al modificarse el DAP. La regresión usada tiene la siguiente forma:

$$He = H' \left[1 - e^{-aD^b} \right]$$

Donde: H' es la altura máxima asintótica (para la especie m); D es el diámetro del árbol (para la especie m); a y b son parámetros de la ecuación.

Una vez obtenidos los parámetros de las ecuaciones de la relación altura y diámetro, estos se utilizaron para estimar la altura (He) de todos los árboles medidos dentro de las parcelas experimentales en La Chonta e INPA. Esta altura fue calculada para cada árbol y para cada medición de DAP en el tiempo, para reflejar los cambios en altura también. En anexo se ha listado la asíntota de altura (altura máxima) y los parámetros a y b resultantes de las regresiones para cada especie seleccionada en cada tipo de bosque.

3.4.3. Biomasa aérea

Para estimar la biomasa aérea se utilizaron los datos previamente obtenidos de densidad de madera (D_e), el diámetro (D) y la altura estimada (H_e). La biomasa aérea para cada árbol se estimó bajo la ecuación propuesta por Brown et al. (1989) para bosques pantropicales, en la que se usan datos de DAP, altura y densidad de la madera para árboles con DAP mayor o igual a 10 cm; siendo esta una fórmula conservadora, es también la más aceptada en la literatura científica (Chave, et al. 2004).

La ecuación es la siguiente:

$$\text{Biomasa Aérea} = \exp \left[-2.409 + 0.952 * \ln(D_e * D^{2*} H_e) \right]$$

Los resultados de esta ecuación están expresados en kilogramos por árbol. La biomasa total para cada tipo de bosque se obtiene sumando todos los valores obtenidos por árbol. Para calcular la biomasa en toneladas por hectárea se ha dividido el valor total entre 1000 veces el número de hectáreas medidas en cada tipo de bosque.

3.4.4. Tasa de crecimiento

Dado que el crecimiento anual en diámetro de muchos árboles puede ser del mismo orden del error de la medición, la tasa de crecimiento fue calculada como el índice de crecimiento anual (ICA), para de esta manera minimizar errores de medición. Este índice se determinó calculando la pendiente de la línea de regresión lineal entre el DAP y el tiempo, y multiplicando este valor por 365 (Porter, et al. 2001).

3.4.5. Tasa de reclutamiento

Para calcular el incremento de biomasa aérea en árboles mayores de 10 cm de DAP, es preciso conocer la dinámica poblacional de los mismos, es decir, necesitamos saber cuántos árboles ingresan y cuántos árboles mueren anualmente en cada grupo. Para tal efecto se ha calculado la tasa de reclutamiento que refleja el incremento anual de árboles en cada grupo considerado

Para el cálculo de la tasa anual de reclutamiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$TR = [1n(N_o - N_m + N_r) - 1n(N_o - N_m)]/\Delta t$$

Donde:

TR = tasa anual de reclutamiento

Δt = diferencia entre dos períodos de medición

N_m = es el número de individuos muertos en una determina área.

N_o = es el número de individuos al comienzo del período.

N_r = es el número de individuos reclutados en el segundo período.

Las tasas de reclutamiento fueron calculadas por gremios ecológicos en cada tratamiento y en cada tipo de bosque.

3.4.6. Tasa de mortalidad

De la misma manera es necesario calcular la cantidad de árboles que mueren anualmente en cada grupo estudiado, en este caso se han calculado las tasas de mortalidad por gremio ecológico en cada tratamiento y tipo de bosque. Se calcularon las tasas de mortalidad debidas al aprovechamiento, la tasa de mortalidad natural y la tasa combinada de ambas que llamaremos total. Claridad entre ambos tipos de mortalidad es necesaria para la comparación entre tratamientos, así como para la construcción de escenarios futuros.

Para el cálculo de la tasa anual de mortalidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$TM = [1n(N_0) - 1n(N_0 + N_m)]/\Delta t$$

Donde:

TM = tasa anual de mortalidad

Δt = diferencia entre dos períodos de medición

N_m = es el número de individuos muertos en una determina área.

N_0 = es el número de individuos al comienzo del período.

4. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1. Relaciones alométricas

Se realizaron las relaciones alométricas entre el diámetro y altura de los árboles para la mayoría de las especies (> 85% de especies), en ambos tipos de bosque. Como se ha señalado previamente, el modelo utilizado fue el de Thomas (1996). Con este modelo el crecimiento en altura es asintótico, lo que quiere decir que el incremento en el diámetro no influye en la altura cuando un árbol ha alcanzado su altura máxima (Figura 3). Este modelo es considerado uno de los más adecuados para relacionar la altura y el diámetro (Thomas 1996), sin embargo en el bosque sub-húmedo un porcentaje bajo (19%) de las relaciones encontradas, alcanzaron una capacidad de predicción mayor al 70%. *Cavanillesia hylogeiton* y *Combretum leprosum* fueron las especies cuyas ecuaciones tuvieron capacidades predictivas más bajas (< 26%), mientras que para *Swettia fruticosa* y *Caesalpinia pluviosa* se obtuvieron las relaciones más altas. (Para ver ejemplos gráficos de las relaciones ver Figura 5, y para ver los parámetros estimados por especie ver Anexo). En el bosque seco de INPA Parket, las relaciones alométricas tuvieron un comportamiento distinto, ya que la mayoría (81% de especies) de las relaciones obtenidas tuvieron alto poder predictivo (> 70% de predicción). *Rollinia herzogii* fue una de las pocas especies que tuvo una predicción baja (28%). En cambio *Maytenus cf. robustoides* tuvo la mayor predicción (99%).

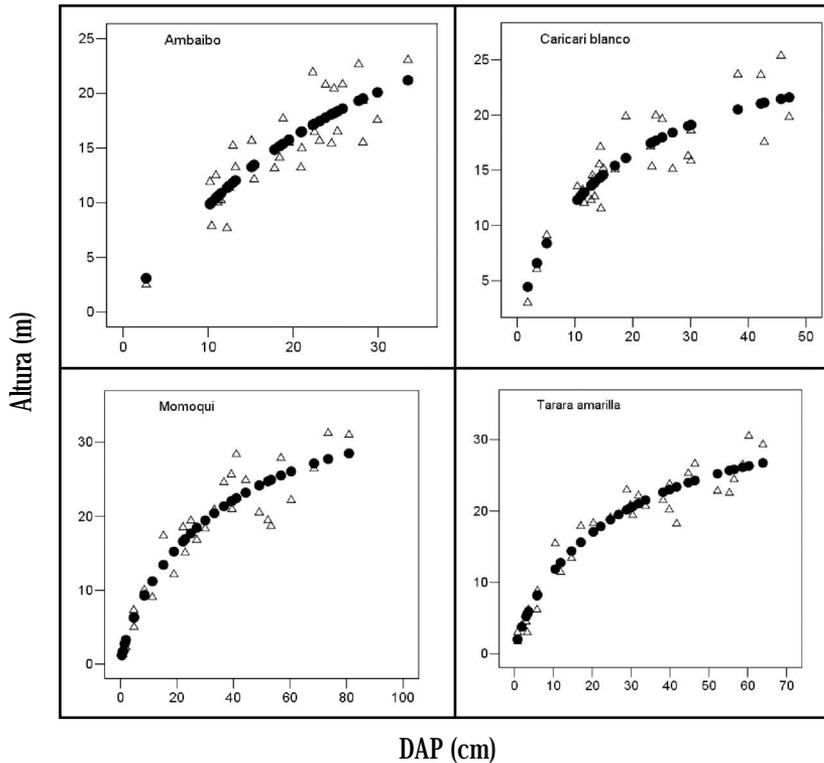


Figura 3. Ejemplos de relaciones alométricas entre el diámetro y la altura de los árboles para especies del bosque seco de INPA Parket. Los triángulos son las relaciones reales entre el diámetro y la altura, mientras que los círculos llenos son los valores predichos por el modelo aplicado.

El hecho que la variación explicada por los modelos de regresión fuera baja, es normal para árboles tropicales creciendo en condiciones naturales, en algunas especies esto se debió al reducido número de árboles encontrados, pero en otras especies hubo variaciones grandes en la altura de los árboles con el mismo diámetro. En este último caso la variabilidad es explicada por el crecimiento de árboles de la misma especie en áreas con diferentes condiciones de suelos, microclima, cobertura de lianas y variación genética entre los árboles. Una muestra mayor de árboles por especie, y al mismo tiempo considerar estos otros factores que son fuente de variabilidad, ayudaría a corregir las regresiones. Sin embargo, en varias especies, tomar más datos de campo es poco factible por la baja densidad de las mismas, que obligaría a considerar áreas muy grandes.

4.2. Densidad de la madera

La densidad específica de la madera es uno de los factores determinantes al momento de convertir el volumen de la madera en biomasa aérea, y de hecho su conocimiento contribuye a mejorar de manera rigurosa estimaciones de la biomasa (Fearnside 1997, Chave et al. 2004).

Las densidades de madera medidas en este estudio fueron variables en ambos tipos de bosque. En el bosque seco la densidad promedio fue de 0,62 gr/cc, mientras que la máxima fue 1,0 gr/cc y la mínima de 0,18 gr/cc. En el bosque sub-húmedo la densidad promedio fue de 0,81 gr/cc, mientras que la máxima fue de 0,95 gr/cc y la mínima de 0,31 gr/cc (Anexo). En el bosque seco de INPA Parket hubo mayor variabilidad de la densidad de madera entre especies. En general especies heliófitas efímeras como la pica pica (*Urera baccifera*), o especies de la familia Bombacaceae tienen densidades de madera bajas, y esto se explica por el rápido crecimiento que estas tienen. En cambio especies como el tajibo (*Tabebuia* sp.) han presentado densidades de madera altas. La variabilidad encontrada en la densidad de la madera en ambos tipos de bosque fue similar a la reportada en otros bosques amazónicos. Cabe mencionar, sin embargo, que la densidad específica para algunas especies fue más baja que la esperada y encontrada por otros autores (Fearnside 1997). Esto probablemente se debe al muestreo, puesto que durante la toma de las muestras de madera, para evitar heridas severas a los árboles que a posteriori podrían haber sido atacados por insectos u hongos, es posible que se haya tomado muestras sólo de albura y no del duramen. Consecuentemente los valores de biomasa son conservadores, pero no afectan las comparaciones entre distintas intensidades de aprovechamiento. La lista completa de la densidad de la madera por especie se encuentra en Anexos.

4.3. Índice de crecimiento diamétrico

Con el objetivo de estimar volúmenes disponibles y futuros, en Bolivia se ha estado usando durante varios años una tasa de crecimiento promedio anual de 0,5 cm por año. Incluso la normativa de la ley forestal vigente, considera como uno de sus supuestos que ese es el crecimiento promedio en nuestros bosques. En este estudio se han calculado las tasas de crecimiento diamétrico por individuo con los datos multitemporales tomados en campo, demostrándose que en ambos tipos de bosque las tasas de crecimiento son menores a este supuesto. Los resultados globales obtenidos son similares a los encontrados por otros autores en los mismos sitios de estudio (Dauber et al. 2003, Dauber et al. 2005), aunque si vemos la gradiente de bosques amazónicos, estas tasas son bajas comparadas con bosques más húmedos (Valerio 1997, Nebel et al. 2001). Si bien la tasa promedio de crecimiento en diámetro de árboles ha estado por debajo del 0,5 en ambos tipos de bosque, fue mayor en el bosque sub-húmedo (0,38 cm/año) que en el bosque seco (0,19 cm/año, Figura 6). Estos resultados implican que árboles cuyo diámetro es de 20 cm ahora, para alcanzar su diámetro mínimo de corta en La Chonta deberán crecer durante 80 años aproximadamente y en INPA durante 105 años. Usando los datos individuales, además de los incrementos en cada tipo de bosque, se han calculado tasas promedio de crecimiento diamétrico por intensidad de tratamiento y a nivel de gremios ecológicos que se presentan a continuación.

El crecimiento, medido a través del índice de crecimiento anual (ICA), ha sido relativamente mayor a medida que se ha incrementado la intensidad de aprovechamiento (Cuadro 1), aunque se esperaba que hubiese una clara correlación entre intensidad del tratamiento y crecimiento, los resultados muestran que las diferencias no son tan fuertes. En principio, en ambos tipos de bosque, los resultados de los análisis de varianzas nos muestran que en todos los gremios ecológicos los árboles crecieron más cuando hubo aprovechamiento intensivo (entre 0,22 y 0,49 cm/año en INPA y entre 0,30 y 0,95 cm/año en La Chonta). Las diferencias entre los demás tratamientos son menos claras, así, en INPA no hubo diferencias entre el tratamiento testigo y el normal ($F = 0,973$, $p = 0,324$) y sí hubo diferencias entre tratamiento normal y mejorado ($F = 32.5$, $p = 0.0001$) siendo que, contradictoriamente, el crecimiento fue menor en el mejorado que en el normal. En el bosque sub-húmedo de La Chonta la relación intensidad de aprovechamiento y crecimiento fue más notable, pese a ello no hubo diferencias entre el tratamiento normal y mejorado ($F = 2,458$, $p = 0,117$). En términos porcentuales, entre el tratamiento testigo y el intensivo en INPA hubo un incremento de 42% (de 0,17 a 0,24 cm/año) y en La Chonta hubo un incremento de 46% (de 0,30 a 0,44 cm/año) entre ambos tratamientos. En general, en el bosque seco hubo un incremento menor del ICA debido a la intensidad del aprovechamiento.

El mayor incremento diamétrico está relacionado con la apertura del dosel y con la densidad de árboles que pertenecen a los gremios de heliófitas que aprovechan la luz en esta condición. Ya anteriormente varios autores reportaron mayores incrementos diamétricos en áreas perturbadas, debido a la mayor disponibilidad de luz y al crecimiento de especies heliófitas (Finegan et al. 1999). En otros bosques amazónicos los incrementos en estas condiciones llegan a superar los 0,5 cm/año y en algunos casos alcanzan 0,7 cm/año, dado que la restricción mayor en bosques más húmedos es la cantidad de luz (Nebel et al. 2001). En los bosques secos y sub-húmedos evidentemente esta restricción no es tan categórica como en los bosques húmedos, pese a ello la variación entre el valor promedio en el testigo y el valor promedio en el intensivo es de más del 40%, lo que de alguna manera fundamenta la posición de que un aprovechamiento más intenso beneficiaría la recuperación del bosque. Inclusive las especies esciófitas aumentaron su crecimiento en condiciones de mayor apertura de luz (Cuadro 1).

Las tasas de crecimiento entre gremios ecológicos fue también variable (Cuadro 1). La tendencia general confirma en ambos tipos de bosque, que las heliófitas crecen más rápido que las esciófitas, aspecto ya antes mencionado por otros autores (Blate 2005). Es notorio en el bosque sub-húmedo que las heliófitas efímeras se han beneficiado enormemente de la mayor apertura del dosel en el tratamiento intensivo, como lo muestra el promedio del ICA que es el mayor para todos los casos (0,95 cm/año) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedio del incremento diamétrico (cm/año) por gremios ecológicos en los distintos tratamientos de aprovechamiento. Letras iguales significan que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos manteniendo constante el gremio ecológico.

Gremios ecológicos	Testigo	Normal	Mejorado	Intensivo	Promedio general	F	p
Bosque Sub-húmedo La Chonta							
Heliófitas efimeras	0.59 a	0.55 a	0.54 a	0.95 b	0.69	21.59	<0.0001
Heliófitas tardías	0.55 a	0.51 a	0.53 a,b	0.65 b	0.56	4.52	0.004
Esciófitas parciales	0.34 a	0.39 b	0.38 b	0.47 c	0.39	19.42	<0.0001
Esciófitas totales	0.18 a	0.21 b	0.23 b	0.30 c	0.23	57.51	<0.0001
Desconocidos	0.34 a	0.29 a	0.38 a	0.29 a	0.33	0.81	0.487
Bosque Seco - INPA							
Heliófitas efimeras	0.30 a	0.44 a	0.51 a	0.49 a	0.36	3.02	0.033
Heliófitas tardías	0.23 a	0.21 a	0.24 a	0.34 a	0.25	15.45	<0.0001
Esciófitas parciales	0.19 a	0.18 a,b	0.16 b,c	0.21 c	0.18	11.09	<0.0001
Esciófitas totales	0.14 a	0.15 a	0.10 b	0.22 c	0.15	120.79	0.0001
Desconocidos	0.14 a	0.17 a	0.15 a	0.19 a	0.16	0.58	0.625

Al nivel de gremios ecológicos, como ya se ha mencionado, en ambos tipos de bosque las heliófitas efimeras reportaron los índices de crecimiento más altos comparados con los otros gremios, tanto en la Chonta como en INPA (0,69 y 0,36 cm/año respectivamente). Estos valores promedio están fuertemente influenciados por el crecimiento en el tratamiento intensivo en el caso del bosque sub-húmedo, y de hecho en los otros tratamientos no reportan diferencias ($F = 0,318$ y $p = 0,728$) con crecimientos entre 0,54 y 0,59 cm/año. Por el contrario, en INPA, para las heliófitas efimeras el tratamiento diferente fue el testigo (0,30 cm/año) y los demás fueron iguales (entre 0,43 y 0,51 cm/año), siendo que la variabilidad fue extrema, tanto en el tratamiento normal como en el mejorado. En el caso de las heliófitas tardías, en ambos tipos de bosque el crecimiento fue mayor en el tratamiento intensivo que en el resto de los tratamientos, entre los cuales no hubo diferencias (0,51 a 0,55 cm/año en La Chonta y 0,21 a 0,23 cm/año en INPA) (Cuadro 1).

Las esciófitas también se beneficiaron con el incremento de luz debido al aprovechamiento, fundamentalmente en el tratamiento intensivo, en ambos tipos de bosque. En el bosque sub-húmedo no hubo diferencias entre el tratamiento normal y mejorado, tanto en esciófitas parciales como en esciófitas totales, y hubo menor crecimiento en las esciófitas del tratamiento testigo. En el bosque seco, sin embargo, el menor crecimiento se reportó en el Tratamiento Mejorado no habiendo diferencias entre el Testigo y el Normal.

4.4. Reclutamiento de árboles

La dinámica de poblaciones arbóreas está determinada por el reclutamiento y la mortalidad de los mismos. En esta investigación se calcularon tasas de reclutamiento por cada tipo de bosque, intensidad del aprovechamiento, gremio ecológico y año. Los valores promedio encontrados en ambos tipos de bosque están dentro de los rangos reportados en otros sitios similares. (Swaine et al. 1990, Nebel et al. 2001, Dauber et al. 2003, Uslar et al. 2004). Estas tasas de reclutamiento variaron entre los dos tipos de bosque, los distintos tratamientos de aprovechamiento aplicados y entre años (Cuadro 2). Entre los tipos de bosque el reclutamiento en el bosque sub-húmedo fue entre 2,7 a 3,7%, y esto significa 3-4 veces más que en el bosque seco que apenas alcanzó valores entre 0,59 y 1,28.

Cuadro 2. Tasas de reclutamiento y mortalidad de árboles en dos tipos de bosques bajo diferentes intensidades de aprovechamiento.

Tratamientos	Reclutamiento %		Mortalidad %	
	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
Bosque Sub-húmedo La Chonta				
Intensivo	5.94	2.67	11.57	3.95
Mejorado	3.88	2.87	8.17	3.91
Normal	2.90	2.73	8.20	3.58
Testigo	3.24	2.93	2.74	3.25
Total	4.00	2.80	7.63	3.67
Bosque Seco - INPA				
Intensivo	1.34	0.55	8.26	5.90
Mejorado	1.18	0.98	6.94	3.60
Normal	1.04	0.59	5.43	3.22
Testigo	1.55	0.23	1.44	3.05
Total	1.28	0.59	5.52	3.94

Si analizamos temporalmente los resultados, en general, debemos decir que hubo más reclutamientos el primer año que en el segundo, tanto a nivel general como entre tratamientos, y dos consideraciones son importantes en este caso. La primera es que un año después del aprovechamiento los sitios perturbados tienden a ser más dinámicos, y por el crecimiento rápido de los árboles el reclutamiento tiende a ser mayor. La segunda, es que el año de la segunda remediación, es decir dos años después del aprovechamiento, fue un año más seco de lo normal (fenómeno de El Niño) afectando la cantidad normal de reclutas. Para señalar en qué medida estos dos factores explican esta variación temporal, será necesario tener más mediciones en el tiempo.

Comparando entre tratamientos, en La Chonta, tanto el primer año como el segundo, hubo mayor reclutamiento en el tratamiento intensivo, aunque en el segundo año no es significativa la diferencia. En cambio en INPA se detectó mayor reclutamiento en el tratamiento testigo, seguido del intensivo el primer año; y en el tratamiento normal seguido del intensivo en el segundo año. Otra vez se puede decir que en general hubo mayor reclutamiento en las áreas perturbadas, salvo en INPA (Cuadro 2).

Entre gremios, como es normal, las heliófitas efímeras tuvieron niveles de reclutamiento más altos en el primer y segundo año en todos los tratamientos. En el bosque sub-húmedo el promedio para este gremio fue de 8,5% para el primer año y 6,6% para el segundo. Para el mismo gremio no hubo diferencias entre el tratamiento normal y testigo, pero los valores se duplicaron o más en los tratamientos mejorado e intensivo. En el bosque seco también hubo mayor reclutamiento entre las heliófitas efímeras, aunque sólo ocurrió en el tratamiento intensivo con valores de 9,1% el primer año y 3,4% el segundo.

Esto se explica claramente por la liberación de árboles comerciales y no comerciales, que se aplicó en los tratamientos mejorado e intensivo que le dio más posibilidades de competencia a los reclutas. En el resto de los gremios no existe un patrón claro el primer año, en cambio durante el segundo año las esciófitas tuvieron menor tasa de reclutamiento en ambos tipos de bosque (en promedio 2,55% en La Chonta y 0,46% en INPA).

4.5. Mortalidad de árboles

La mortalidad de árboles fue mayor en el bosque sub-húmedo que en el bosque seco, especialmente en el primer año (Cuadro 2). En el segundo año la mortalidad fue similar en ambos tipos de bosque. Obviamente las tasas de mortalidad son mayores en el año uno debido al aprovechamiento, por esta razón se ha dividido la misma en mortalidad total y mortalidad natural. En ambos tipos de bosque, la mortalidad total, que incluye la mortalidad por aprovechamiento, por daños y por causas naturales, generalmente ha sido mayor en el primer año que en el segundo o tercero (Cuadro 4). En cambio la mortalidad natural en promedio se va incrementando según los años, siendo el primer año el de menor tasa de mortalidad.

Sin embargo, las tasas de mortalidad natural obtenidas son menores a las determinadas en otros bosques (Nebel et al. 2001). En algunos años en general la tasa de mortalidad natural ha sido muy alta, y esto es posible que haya sido un efecto de El Niño (Chave et al. 2004, Clark 2004). Para confirmar esta apreciación se requieren más datos temporales. Durante la fase de aprovechamiento muchos árboles son aplastados o dañados severamente por la caída y arrastre de los árboles cortados, algunos mueren en el primer año y otros después. Este hecho explica la alta mortalidad en los primeros años después del aprovechamiento. La mayor mortalidad en el bosque sub-húmedo está explicada por el hecho de que los árboles son de mayor envergadura, con copas más grandes y que generan mayores daños al caer.

Cuadro 3. Tasas de reclutamiento (%) de árboles en dos períodos distintos según gremios ecológicos, en dos tipos de bosques y bajo diferentes intensidades de aprovechamiento.

Tratamientos	Gremios ecológicos	Bosque sub-húmedo		Bosque Seco	
		Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
Testigo	Heliófitas tardías	4.32	3.03	1.97	1.03
	Heliófitas efímeras	5.29	5.31	0.00	0.00
	Esciófitas parciales	3.05	3.27	1.33	0.21
	Esciófitas totales	2.44	1.14	1.27	0.05
	Desconocidos	5.96	5.00	11.49	0.00
Normal	Heliófitas tardías	3.51	3.61	1.12	1.03
	Heliófitas efímeras	5.26	4.05	0.00	0.00
	Esciófitas parciales	2.54	3.77	0.56	0.73
	Esciófitas totales	1.87	2.97	1.24	0.40
	Desconocidos	4.28	1.91	1.62	0.00
Mejorado	Heliófitas tardías	2.91	3.07	0.81	1.61
	Heliófitas efímeras	10.05	6.92	0.00	0.00
	Esciófitas parciales	3.16	2.78	1.42	1.07
	Esciófitas totales	3.80	2.37	0.93	0.37
	Desconocidos	4.20	2.80	5.76	5.59
Intensivo	Heliófitas tardías	3.46	3.36	1.08	0.80
	Heliófitas efímeras	13.73	10.27	9.10	3.38
	Esciófitas parciales	4.35	2.48	0.94	0.56
	Esciófitas totales	5.41	1.57	1.27	0.29
	Desconocidos	0.66	1.28	5.37	3.04
Total General		3.70	2.76	1.28	0.59

Comparando tratamientos, en el intensivo hubo mayor mortalidad, mientras que las tasas más bajas se registraron en el tratamiento testigo (Cuadro 2). Entre los gremios ecológicos, en el bosque sub-húmedo las heliófitas efímeras tienen mayor tasa de mortalidad, mientras que las esciófitas totales tuvieron la menor tasa (Cuadro 4). Este patrón es similar en la mayoría de los tratamientos de aprovechamiento y ocurre algo similar en el bosque seco.

Cuadro 4. Tasas de mortalidad total y natural de árboles en dos tipos de bosque bajo distintos escenarios de aprovechamientos forestales y agrupados en gremios ecológicos. Mortalidad total se refiere a la muerte producida por la corta de árboles, por la aplicación de tratamientos silviculturales y la muerte natural que tienen los árboles.

Gremio ecológico	Bosque sub-húmedo - La Chonta						Bosque Seco - INPA			
	Mortalidad Total			Mortalidad Natural			Mortalidad Total		Mortalidad Natural	
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 1	Año 2	Año 3	Año 1	Año 2	Año 1	Año 2
Testigo										
Heliófitas efímeras	6.3	8.7	7.0	7.2	7.6	6.6	10.5	11.2	10.5	11.2
Heliófitas durables	2.3	3.0	4.5	1.8	1.8	4.0	1.4	4.4	1.4	4.4
Esciófitas parciales	2.8	4.2	4.8	3.4	3.5	4.7	1.7	3.3	1.7	3.3
Esciófitas totales	1.6	2.3	3.5	2.1	2.2	3.1	0.9	2.2	0.9	2.2
Desconocidos	5.1	7.6	3.9	4.4	4.7	3.9	1.5	2.8	1.5	2.8
Total	2.7	3.3	4.2	2.8	2.9	3.9	1.4	3.1	1.4	3.1
Normal										
Heliófitas efímeras	12.4	10.6	9.0	8.2	9.3	7.3	91.9	166.1	65.3	166.1
Heliófitas durables	7.8	2.5	3.7	1.0	1.1	3.2	7.8	3.2	1.8	3.1
Esciófitas parciales	7.3	3.9	4.1	2.3	2.5	3.5	4.4	2.9	1.0	2.5
Esciófitas totales	8.5	3.3	2.8	2.4	2.6	2.3	3.9	2.1	1.8	1.7
Desconocidos	9.4	1.9	3.0	1.7	1.9	2.5	6.3	22.5	3.1	20.4
Total	8.2	3.6	3.7	2.5	2.7	3.1	5.4	3.2	2.1	2.9
Mejorado										
Heliófitas efímeras	13.0	7.1	9.1	6.3	6.8	7.9	13.5	15.5	13.5	15.5
Heliófitas durables	6.9	4.9	3.9	3.8	3.8	2.5	8.6	4.0	1.5	2.9
Esciófitas parciales	9.1	4.4	6.2	3.9	4.0	5.1	8.6	3.7	0.9	2.7
Esciófitas totales	8.1	3.3	4.7	1.6	1.6	3.1	4.8	3.1	1.4	2.6
Desconocidos	7.9	2.8	7.3	3.1	3.3	5.5	7.2	6.9	4.2	4.1
Total	8.2	3.9	5.3	2.8	2.8	4.0	6.9	3.6	1.3	2.7
Intensivo										
Heliófitas efímeras	7.2	7.4	6.3	6.4	6.7	4.5	17.4	46.0	8.3	36.2
Heliófitas durables	11.9	4.0	4.2	2.2	2.4	3.0	9.5	8.7	1.5	3.4
Esciófitas parciales	14.0	4.6	4.2	2.3	2.6	3.1	11.2	4.4	1.0	2.7
Esciófitas totales	11.0	3.0	2.8	1.0	1.1	2.0	5.6	4.5	0.8	1.0
Desconocidos	11.4	6.1	7.1	5.6	6.7	2.8	7.9	11.7	3.9	11.7
Total	11.6	4.0	3.8	2.1	2.3	2.7	8.3	5.9	1.2	2.6
Total general	7.6	3.7	4.3	2.5	2.7	3.4	5.5	3.9	1.5	2.9

4.6. Biomasa aérea pre y post aprovechamiento

La biomasa aérea de árboles con DAP mayor a 10 cm es una medida aproximada de la cantidad de carbono contenida en dichos árboles. La literatura menciona que la cantidad de carbono que fijan los árboles es aproximadamente el 50% de su biomasa aérea (Brown & Lugo 1992, Montagnini & Jordan 2002); asimismo en la página 3.25 del IPCC Good Practice Guidance for LULUCF (2000) se señala en la ecuación 3.24 que por defecto la fracción de carbono en materia seca es del 0,5. Por lo tanto en este estudio se analizó la biomasa aérea como una forma indirecta de medir la cantidad de carbono fijado en los bosques estudiados, y los lectores pueden asumir que la mitad de los valores corresponden a carbono.

En los siguientes párrafos se muestran los resultados de los cálculos de biomasa en ton/ha contenida en cada tipo de bosque, los promedios por tratamiento y clase diamétrica, los datos comparados pre y post aprovechamiento, y finalmente el incremento anual de biomasa (debido al crecimiento) en cada tipo de bosque por tratamiento y gremios ecológicos. Inicialmente diremos que la biomasa aérea en los bosques tropicales es variable y depende del tipo de bosque, factores edáficos, tamaño de los árboles, edad del bosque y los métodos utilizados para su cálculo (Montagnini & Jordan 2002, Chave et al. 2003). En bosques tropicales húmedos la cantidad de biomasa puede llegar hasta los 500 ton/ha, aunque bosques secundarios pueden contener por debajo de las 100 ton/ha. Tanto el bosque sub-húmedo de La Chonta como el bosque seco tienen valores similares ($F=1,19$, $P=0,17$) de biomasa aérea, los cuales oscilan entre 160 a 170 ton/ha (Figura 5). Estos valores son comparables a los obtenidos por otros autores en bosques de Bolivia (Dauber et al. 2000). La cantidad de biomasa es similar pese a la diferencia estructural de ambos tipos de bosque; en el bosque sub-húmedo se encontró mayor cantidad de árboles gruesos y altos, comparados a los del bosque seco, donde los árboles generalmente son más delgados y bajos pero en mayor abundancia.

La comparación del promedio de biomasa aérea entre tratamientos para el bosque sub-húmedo no reportó diferencias significativas ($F=0,87$, $P=0,46$) ni antes ni después del aprovechamiento. En cambio en el bosque seco hubo mayor cantidad de biomasa aérea en el tratamiento testigo ($F=3,57$, $P=0,29$), que en los demás tratamientos antes del aprovechamiento, y después del mismo se ve la tendencia de que a mayor intensidad de aprovechamiento menor la cantidad de biomasa aérea (Figura 5). Pese a que hay pocos estudios que ayuden a comparar la biomasa aérea entre sitios aprovechados y no aprovechados, es claro que a mayor intensidad de aprovechamiento puede haber una reducción en la biomasa aérea que puede significar entre el 7 y el 15% en el primer y/o segundo año después de su intervención. Estos porcentajes de reducción son bajos en comparación a los efectos del aprovechamiento forestal reportados en otros países (Brown et al. 1989). La mortalidad de los árboles dañados durante el aprovechamiento se extiende a los años posteriores, y parece tener un efecto en la reducción de la biomasa aérea (Pinard & Putz 1996), dado que refuerza el impacto y por tanto hace más difícil la recuperación posterior.

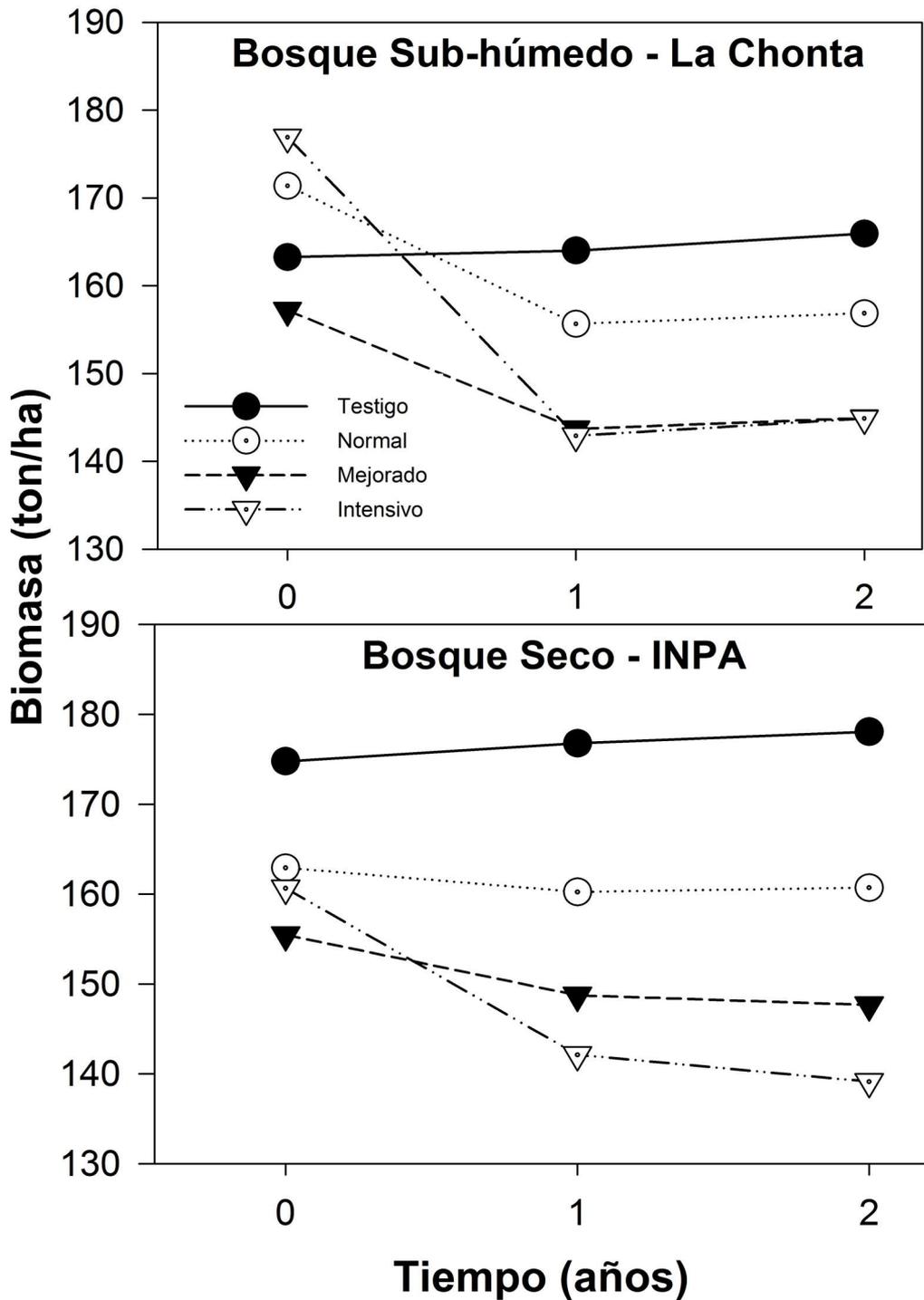


Figura 4. Promedio de la biomasa estimada con datos de campo en los primeros años y en áreas con diferentes intensidades de aprovechamiento.

También se ha determinado que las parcelas del tratamiento testigo han mantenido su biomasa aérea, e inclusive aumentado ligeramente, especialmente en el bosque seco de INPA (Figura 4). Esto puede significar que ambos tipos de bosque continúan en etapa de crecimiento y que aún no han llegado a su estado de clímax. De todas maneras, otros estudios muestran que en bosques maduros existen variaciones anuales en la biomasa que pueden deberse a factores climáticos, pero que analizados en el largo plazo son estables (Chave et al. 2003).

En cuanto a la distribución de la biomasa aérea en relación al tamaño de los árboles antes y durante el aprovechamiento, varió entre los diferentes tratamientos aplicados (Cuadro 5). Primero en el bosque seco, en general la mayor concentración de biomasa aérea se encontró en los árboles entre 20 a 40 cm de DAP, mientras que la concentración más baja estuvo en las categorías de 60 a 70 cm de DAP. En cambio en el bosque sub-húmedo la situación fue diferente. Las categorías donde hay mayor concentración de biomasa aérea son las de 10 a 50 cm y las mayores a 90 cm de DAP. En el bosque seco de INPA la biomasa aérea tiene una distribución similar a la del bosque de la Isla de Barro Colorado (Chave et al. 2003). En cambio el bosque sub-húmedo tiene un alto porcentaje en árboles con diámetros mayores, este hecho puede deberse a la gran cantidad de árboles gruesos de bibosi (*Ficus boliviana*) y ochoó (*Hura crepitans*).

Cuadro 5. Promedio de biomasa (ton/ha) antes y después del aprovechamiento forestal distribuidas según categorías diamétricas y en distintas intensidades de aprovechamiento.

Categorías diamétricas	Testigo		Normal		Mejorado		Intensivo		Subtotal	
	antes	después	antes	después	antes	después	antes	después	antes	después
Bosque sub-húmedo										
La Chonta										
10-20	23.0	24.3	21.0	20.9	21.4	21.6	22.3	22.6	21.9	22.3
20-30	27.9	28.5	27.6	27.5	24.5	24.3	27.3	26.7	26.8	26.8
30-40	24.2	24.2	24.5	24.3	22.0	21.7	25.0	23.8	23.9	23.5
40-50	21.8	22.0	20.8	20.0	17.8	16.8	19.4	16.5	20.0	18.8
50-60	14.3	14.4	13.5	12.3	15.6	13.9	14.5	12.8	14.5	13.3
60-70	12.4	12.0	7.1	5.3	11.9	10.9	11.9	8.4	10.8	9.2
70-80	7.2	7.2	11.8	8.4	8.9	7.6	13.1	7.2	10.3	7.6
80-90	11.4	11.0	19.7	17.6	16.1	11.2	13.6	6.9	15.2	11.7
≥ 90	21.0	20.4	25.3	19.4	19.0	15.6	29.7	18.0	23.7	18.4
Subtotal	163.2	164.0	171.4	155.6	157.2	143.7	176.9	142.9	167.2	151.6
Bosque seco - INPA										
10-20	29.5	30.4	27.8	27.9	28.9	28.6	27.5	27.5	28.4	28.6
20-30	39.9	40.5	39.9	40.4	40.1	40.2	38.5	38.7	39.6	40.0
30-40	41.5	42.0	49.1	49.6	39.7	39.6	32.4	32.7	40.7	41.0
40-50	29.0	29.1	26.5	25.1	27.0	24.6	21.7	17.9	26.1	24.2
50-60	18.5	18.5	11.7	10.5	9.5	8.1	16.9	9.7	14.1	11.7
60-70	10.9	11.0	4.1	2.4	7.6	4.7	10.9	5.9	8.4	6.0
70-80	8.0	8.0	9.9	9.9	6.2	5.4	18.9	13.9	10.7	9.3
Subtotal	174.8	176.8	162.9	160.2	155.4	148.7	166.7	142.1	168.0	160.7

Al hacer comparaciones entre pre y post aprovechamiento, las mayores diferencias están naturalmente en las categorías por encima del diámetro mínimo de corta (DMC) (Cuadro 5). Entre tratamientos se pueden ver diferencias entre el pre y post aprovechamiento. En el bosque seco, la reducción promedio de biomasa aérea después del aprovechamiento fue de 2% en el tratamiento normal, 4,5% en el mejorado y de 15% en el intensivo. En el bosque sub-húmedo, en el tratamiento normal hubo una reducción promedio en biomasa aérea después del aprovechamiento de un 10%, en el mejorado 9%, y en el intensivo 20%. En ambos tipos de bosque, en las parcelas sin aprovechamiento (testigo) no hubo cambios entre el pre y post aprovechamiento. En las áreas con aprovechamiento normal y mejorado la reducción de biomasa aérea por el aprovechamiento fue incrementando a medida que se incrementó en categorías diamétricas por encima del DMC. En las parcelas con aprovechamiento intensivo se nota una gran reducción de biomasa aérea después del aprovechamiento, especialmente en las categorías diamétricas mayores.

Finalmente se analizó el incremento de biomasa aérea debido exclusivamente al crecimiento de los árboles de DAP >10 cm que sobrevivieron hasta la última medición, es decir sin considerar el reclutamiento, la mortalidad, ni el aprovechamiento, y se reportan los siguientes resultados: el incremento fue mayor en el bosque sub-húmedo que en el bosque seco (3,7 y 2,4 ton/ha respectivamente); este hecho está relacionado al crecimiento diamétrico que fue tocado en párrafos anteriores. El bosque sub-húmedo, como se ha analizado, no solamente tiene dosel más alto sino también en promedio los árboles incrementan su diámetro mas rápidamente que en el bosque seco. Analizando el cuadro 6 vemos que existe una relación directa entre incremento de biomasa e intensidad del tratamiento en ambos tipos de bosque, exceptuando el incremento en el tratamiento mejorado del bosque seco, que fue mucho más bajo que todos los demás.

Cuadro 6. Incremento anual de biomasa aérea en ton/ha según tratamientos. Datos calculados en base al crecimiento de árboles (DAP > 10) sobrevivientes hasta la última remediación.

Tratamiento	Promedio	95% CI	CI(% del promedio)	CV (%)	Máximo	Mínimo
Bosque sub-húmedo La Chonta						
Testigo	4.15	0.81	19	73	13.28	-0.32
Normal	3.17	0.53	17	64	8.48	0.00
Mejorado	3.43	0.63	18	71	11.61	0.14
Intensivo	4.20	0.82	20	72	20.83	0.43
Promedio Total	3.73	0.34	9	72	20.83	-0.32
Bosque seco INPA						
Testigo	2.35	0.38	16	49	5.24	0.15
Normal	2.47	0.65	26	77	12.20	0.23
Mejorado	2.29	0.68	30	88	10.86	0.31
Intensivo	2.55	0.43	17	51	5.98	0.83
Promedio Total	2.42	0.26	11	67	12.20	0.15

En relación a los gremios ecológicos, los resultados (Cuadro 7) son consistentes con el resultado anterior y también con todo el análisis previo en el informe. En ambos tipos de bosque son las heliófitas efímeras las que lideran el incremento de biomasa aérea, aumentando anualmente 6,3 ton/ha en La Chonta y 3,9 ton/ha en INPA. A medida que las exigencias de luz son menores es también menor el incremento de biomasa, es así que las esciófitas totales incrementan en promedio 2,01 ton/ha en el bosque sub-húmedo y 1,90 ton/ha en el bosque seco, es decir casi un tercio del incremento de las heliófitas efímeras. Es importante notar que pese a que después del aprovechamiento hay muchas heliófitas, todavía la mayoría de los individuos en el bosque remanente pertenecen a la categoría de las esciófitas.

Cuadro 7. Incremento anual de biomasa aérea en ton/ha según gremios ecológicos. Datos calculados en base al crecimiento de árboles (DAP > 10) sobrevivientes hasta la última remediación.

Gremio ecológico	Promedio	95% CI	CI (% del promedio)	CV (%)	Máximo	Mínimo
Bosque sub-húmedo La Chonta						
Heliófitas efímeras	6.30	0.99	16	54	20.83	1.30
Heliófitas tardías	3.78	0.34	9	32	7.09	1.22
Esciófitas parciales	2.40	0.25	11	37	4.87	0.77
Esciófitas totales	2.01	0.77	39	114	10.51	-0.32
Desconocidos	3.72	0.70	19	65	11.76	0.60
Promedio Total	3.73	0.34	9	72	20.83	-0.32
Bosque seco INPA						
Heliófitas efímeras	3.85	1.79	47	91	12.20	0.25
Heliófitas tardías	3.40	0.36	11	30	5.98	1.26
Esciófitas parciales	2.26	0.19	8	23	4.11	1.21
Esciófitas totales	1.90	0.17	9	26	2.89	0.86
Desconocidos	1.33	0.28	21	59	3.58	0.15
Promedio Total	2.42	0.26	11	67	12.20	0.15

5. Conclusiones y recomendaciones

La conclusión científica es que si bien todos los datos hasta ahora encontrados son valiosos, muchos de ellos contienen variabilidad que no puede ser explicada con dos o tres datos temporales. Por otro lado se han planteado varios supuestos a la hora de construir escenarios de recuperación de biomasa que hay necesidad de corroborar, por ejemplo, se ha planteado que el ICA cambia inversamente a la categoría diamétrica a la que pertenece el árbol, pero las ecuaciones han sido construidas en base a 3 ó 4 puntos temporales, lo cual da indudablemente márgenes de error bastante grandes. Por tanto una recomendación general es mantener el monitoreo de estas parcelas experimentales y ampliar algunas investigaciones específicas como se señala en los párrafos posteriores.

Las relaciones alométricas para las especies arbóreas del bosque seco han tenido mayor capacidad de predicción que las especies del bosque sub-húmedo. En el bosque sub-húmedo es recomendable incrementar el número de árboles a medirse, esto ayudará a reducir la variación existente en este momento. Por otro lado, se recomienda probar otros modelos que tengan mayor capacidad de predicción considerando estos otros factores que son fuente de variabilidad.

La densidad de madera para el bosque sub-húmedo fue mayor que la del bosque seco, en general podemos decir que hay más maderas duras en el bosque sub-húmedo que en el bosque seco. Si bien los valores de la densidad específica de la madera estuvieron dentro de los rangos obtenidos por otros estudios, los valores obtenidos para algunas especies en particular no coincidieron con información existente. Consideramos que esta variación probablemente se explica por la variación de la densidad específica entre la albura y el duramen. Recomendamos en este caso incrementar el número de muestras a tomarse, considerar árboles de diferentes diámetros y tomar muestras de ambas partes, es decir de la albura y el duramen buscando métodos que no provoquen daños mayores en los árboles.

La tasa de incremento diamétrico en el bosque sub-húmedo fue mayor que en el bosque seco, además que las tasas de incremento fueron mayores en áreas con mayor intensidad de aprovechamiento. Asimismo, de los gremios ecológicos, las heliófitas tuvieron mayor incremento diamétrico que las esciófitas. Se concluye entonces que una mayor intensidad del aprovechamiento estimula el crecimiento, tanto en diámetro como en biomasa, de los árboles remanentes, aunque en mayor proporción en las heliófitas que en las esciófitas. Es recomendable continuar con el monitoreo del crecimiento de árboles por más años, lo cual ayudará primero a relacionar los cambios en el incremento con los cambios climáticos y segundo, ayudará a separar el efecto de otros factores que no sean la intensidad del aprovechamiento en sí.

El reclutamiento de árboles fue mayor en el bosque sub-húmedo que en el bosque seco, datos que confirman valores parecidos encontrados por otros autores. Inmediatamente después del aprovechamiento el reclutamiento tiende a ser mayor en áreas perturbadas, pero luego este patrón no necesariamente se mantiene.

La mortalidad de árboles se incrementó notoriamente con el aprovechamiento forestal. Esta mortalidad incluso continuó en los siguientes años debido a los daños provocados. El tratamiento intensivo tuvo mayor tasa de mortalidad, y en cuanto a gremios, la mayor tasa de mortalidad se registró en las heliófitas. Se recomienda probar otras técnicas silviculturales que reduzcan la mortalidad y daño por causa del aprovechamiento.

La cantidad de biomasa aérea en ambos tipos de bosque es similar, aunque existen algunas variaciones entre bloques y entre tratamientos, especialmente en el bosque seco. De estos tratamientos el testigo ha mantenido su cantidad de biomasa aérea, mientras que otros tratamientos tuvieron una fuerte reducción especialmente afectados por la mortalidad de los árboles durante y posterior al aprovechamiento.

El bosque sub-húmedo tiene mayor capacidad de incremento de biomasa debido al crecimiento de los árboles, pese a ello esta capacidad de crecimiento no ha sido suficiente para la recuperación de biomasa perdida por el aprovechamiento, la mortalidad de árboles remanentes después del aprovechamiento, por el contrario, intensifica el impacto del mismo, concluyendo nuevamente que se deben tomar mayores precauciones a la hora del aprovechamiento para evitar los daños a los árboles remanentes en estos tipo de bosque. Otras alternativas planteadas son la promoción de la regeneración natural, el enriquecimiento y otras técnicas silviculturales que aporten a la recuperación de la biomasa en las áreas aprovechadas.

Por otro lado, habiéndose demostrado que hay un decrecimiento de la biomasa en bosques aprovechados, será importante estudiar los efectos que podrían tener la reducción de número de árboles y biomasa aérea en relación al ciclo de nutrientes e hidrológico, los cuales están directamente relacionados al cambio climático.

Se debe señalar que no se han considerado rebrotes de tocones o de árboles caídos que de alguna manera podrían incrementar la tasa de crecimiento y por ende la recuperación de biomasa aérea. Estos datos no han sido incorporados por inexistencia de esta información temporal suficiente para aproximarse al número de rebrotes que se establecen o son parte del reclutamiento. Se considera como hipótesis que habría una gran acumulación de biomasa aérea relacionada al reclutamiento por los rebrotes. Será necesario incluir investigaciones multitemporales sobre regeneración para mejorar las estimaciones presentadas.

Todavía queda en duda la hipótesis de que un bosque aprovechado secuestra mayor cantidad de carbono que uno que no lo es, dado que no hubo diferencias estadísticas, ni en la cantidad de biomasa contenida en cada hectárea, ni en el aporte anual de biomasa debido al crecimiento en cada hectárea. Esta conclusión no descarta el hecho de que hay una relación directa entre intensidad del aprovechamiento e incremento de biomasa. Futuras mediciones en estas parcelas y otras instaladas en los mismos tipos de bosque nos permitirán despejar esta duda.

Bibliografía

- Alves, D. S., J. S. Soares, S. Amaral, E. M. Mello, S. A. S. Almeida, O. F. da Silva & A. M. Silveira. 1997. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondonia, Western Brazilian Amazonian. *Climate Change Biology* 3: 451-461.
- Alvira, D. 2002. Liana loads and post-logging liana densities after liana cutting in a lowland forest in Bolivia. Master Thesis, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Araujo, T. M., N. Higuchi & J. A. D. Junior. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Para, Brazil. *Forest Ecology and Management* 117: 43-52.
- Baker, T. G., P. M. Attiwill & H. T. L. Stewart. 1984. Biomass equations of *Pinus radiata* in Gippsland, Victoria. *New Zealand of Forest Science* 14: 89-96.
- Beck, S. G., T. J. Killeen & E. E. García. 1993. Vegetación de Bolivia. pp. 6-23. En: T. J. Killeen, E. E. García & S. G. Beck (eds.). *Guía de árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden, La Paz, Bolivia.
- Blate, G. M. 2005. Assessing Trade-offs in Multiple-objective Tropical Forest Management. Ph. D. Thesis, University of Florida, Gainesville, FL, USA.
- Brown, S., A. J. Gillespie & A. Lugo. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35: 881-902.
- Brown, S. & A. E. Lugo. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17: 8-18.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests, Roma.
- Brown, S., M. Burnham, M. Delaney, R. Vaca, M. Powell & A. Moreno. 2000. Issues and challenges for forest-based carbon-offset projects: a case study of the Noel Kempff Climate Action Project in Bolivia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5: 99-121.
- Carse, L. E., T. S. Fredericksen & J. C. Licona. 2000. Liana-tree species associations in a Bolivian dry forest. *Tropical Ecology* 41: 1-10.
- Chave, J., R. Condit, S. Lao, J. P. Caspersen, R. B. Foster & S. P. Hubbell. 2003. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. *Journal of Ecology* 91: 240-252.
- Chave, J., R. Condit, S. Aguilar, A. Hernandez, S. Lao & R. Perez. 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359: 409-420.
- Clark, D. A. 2004. Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359: 477-491.
- Dauber, E., J. Teran & R. Guzman. 2000. Estimaciones de Biomasa y Carbono en Bosques Naturales de Bolivia. Superintendencia Forestal, Santa Cruz, Bolivia.
- Dauber, E., T. S. Fredericksen, M. Peña-Claros, C. Leñaño, J. C. Licona & F. Contreras. 2003. Tasas de incremento diametrico, mortalidad y reclutamiento con base en las parcelas permanentes instaladas en diferentes regiones de Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

- Dauber, E., T. S. Fredericksen & M. Peña. 2005. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology And Management* 214: 294-304.
- Dawkins, H. C. 1958. The management of tropical high forest with special reference to Uganda(ed.)^(eds.). Imperial Forestry Institute Paper No 34. University of Oxford, New York, USA.
- Fearnside, P. M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90: 59-87.
- Finegan, B., M. Camacho & N. Zamora. 1999. Diameter increment patterns among 106 tree species in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest. *Forest Ecology and Management* 121: 159-176.
- Fredericksen, T. S. & W. Pariona. 2002. Effect of skidder disturbance on commercial tree regeneration in logging gaps in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* 171: 223-230.
- Fredericksen, T. S. & F. E. Putz. 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. *Biodiversity and Conservation* 12: 1445-1453.
- Gerwing, J. J. 2001. Testing liana cutting and controlled burning as silvicultural treatments for a logged forest in the eastern Amazon. *Journal of Applied Ecology* 38: 1264-1276.
- Krueger, W. 2004. Effects of future crop tree flagging and skid trail planning on conventional diameter-limit logging in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* 188: 381-393.
- Lim, M. T. 1988. Studies on *Acacia mangium* in Kemasul, Malaysia: Biomass and productivity. *Journal of Tropical Ecology* 4: 293-302.
- Malhi, Y. & J. Grace. 2000. Tropical forest and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 332-337.
- Montagnini, F. & C. F. Jordan. 2002. Reciclaje de nutrientes. pp. 167-191. En: M. Guariguata & G. Kattan (eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. LUR, San Jose, Costa Rica.
- Mostacedo, C. B. & T. S. Fredericksen. 1999. Regeneration status of important tropical forest tree species in Bolivia: assessment and recommendations. *Forest Ecology and Management* 124: 263-273.
- Nebel, G., L. P. Kvist, J. K. Vanclay, H. Christensen, L. Freitas & J. Ruiz. 2001. Structure and floristic composition of flood plain forests in the Peruvian Amazon; I Overstorey. *Forest Ecology and Management* 150: 27-57.
- Nebel, G., L. P. Kvist, J. K. Vanclay & 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.
- Nelson, B. W., R. Mesquita, J. L. G. Pereira, S. Garcia Aquino de Souza, G. Teixeira Batista & L. Bovino Couto. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117: 149-167.
- Pardé, D. R. 1980. Forest biomass. *Forest Abstract* 41: 343-363.
- Penman, J., D. Kruger, I Galbally, T. Hiraishi, B. Nyenzi, S. Emmanuel, L. Buendia, R. Hoppaus, T. Martinsen, J. Meijer, K. Miwa & K. Tanabe. 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/EA/IGES, Hayama, Japon.

- Pérez, L. D. & M. Kanninen. 2003. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 15: 199-213.
- Phillips, P. D., C. P. de Azevedo, B. Degen, I. S. Thompson, J. N. Silva & P. R. van Gardingen. 2004. An individual-based spatially explicit simulation model for strategic forest management planning in the eastern Amazon. *Ecological Modelling* 173: 335-354.
- Pinard, M. A. & F. E. Putz. 1996. Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica* 28: 278-295.
- Pinard, M. A., F. E. Putz, D. Rumiz, R. Guzman & A. Jardim. 1999. Ecological characterization of tree species for guiding forest management decisions in seasonally dry forests in Lomerio, Bolivia. *Forest Ecology and Management* 113: 201-213.
- Poorter, L., R. G. A. Boot, Y. Hayashida, J. Leigue, M. Peña & P. Zuidema. 2001. Estructura y Dinamica de un Bosque Humedo Tropical en el Norte de la Amazonia Boliviana. PROMAB, Riberalta, Bolivia
- Ritson, P. & C. Sochacki. 2003. Measurements and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, South-Western Australia. *Forest Ecology and Management* 175: 103-117.
- Schroeder, P. E., S. Brown, J. Mo, R. Birdsey & C. Cieszewski. 1997. Biomass estimation for temperate broadleaf forest of the U. S. using inventory data. *Forest Science* 11: 258-264.
- Sevelwa, K. & E. H. Sims. 1998. Fuel characteristics of short rotation forest biomass. *Biomass and Bioenergy* 17: 127-140.
- Swaine, M. D. & T. C. Whitmore. 1988. On the Definition of Ecological Species Groups in Tropical Rain Forests. *Vegetatio* 75: 81-86.
- Swaine, M. D., D. Lieberman & J. B. Hall. 1990. Structure and Dynamics of a Tropical Dry Forest in Ghana. *Vegetatio* 88: 31-51.
- Thomas, S. C. 1996. Asymptotic height as a predictor of growth and allometric characteristics in Malaysian rain forest trees (vol 83, pg 556, 1996). *American Journal of Botany* 83: 1570-1570.
- Uhl, C., R. Buschbacher & E. A. S. Serrao. 1988. Abandoned Pastures in Eastern Amazonia .1. Patterns of Plant Succession. *Journal of Ecology* 76: 663-681.
- Uslar, Y. V., B. Mostacedo & M. Saldías. 2004. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 39: 25-43.
- Valerio, J. 1997. Crecimiento y Rendimiento. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia, Documento Técnico # 51
- Wittaker, R. H. & P. L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. pp. 55-118. En: H. Leith & R. H. Wittaker (eds.). *Primary Productivity of the Biosphere*. Springer, Nueva York.
- Young, H. F. & T. C. Tryon. 1978. A National Forest Biomass Inventory. IUFRO, S 4.01, Romania.

Anexos

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Bosque Seco - INPA					Bosque Sub-humedo - La Chonta				
		Hmax	a	b	DM	R ²	Hmax	a	b	DM	R ²
aguai fruta chica	<i>Chrysophyllum gonocarpon</i>	60.2	0.045	0.557	0.66	0.7					
ajo	<i>Gallesia integrifolia</i>	22.25	0.005	1.858	0.49	0.88	31.5	0.043	0.832	0.765	0.42
ajunau	<i>Pterogyne nitens</i>	1496.3	0.0019	0.533	0.46	0.77	10.2	0.091	1.488	0.707	0.59
aliso	<i>Stylogyne ambigua</i>						10.2	0.091	1.488	0.707	0.59
amargo	<i>Vataireopsis speciosa</i>						358.9	0.007	0.561	0.867	0.63
ambaiba	<i>Pourouma cecropiifolia</i>						20.4	0.102	0.915	0.906	0.41
ambaibo	<i>Cecropia concolor</i>	28.1	0.043	0.988	0.19	0.76	1457.8	0.001	0.750	0.867	0.37
arrayan/cusecillo	<i>Eugenia florida</i>						10.0	0.293	0.681	0.918	0.68
azucaro	<i>Spondias mombin</i>	27.34	0.035	1.01	0.39	0.86					
baboso	<i>Heliocarpus americanus</i>	15.64	0.09338	0.899	0.28	0.56	31.7	0.055	0.780	0.901	0.28
bibosi colorado	<i>Ficus boliviana</i>						53.1	0.020	0.879	0.928	0.41
blanquillo	<i>Ampelocera ruizii</i>	23.76	0.101	0.84	0.71	0.95	40.6	0.049	0.802	0.909	0.76
cafecillo	<i>Margaritaria nobilis</i>						36.8	0.061	0.724	0.827	0.65
camba empeloto	<i>Cavanillesia hylogeton</i>						49.3	0.031	0.734	0.891	0.11
cari cari blanco	<i>Acacia sp.</i>	25.17	0.128	0.708	0.78	0.81					
cari cari blanco	<i>Poeppigia procea</i>						19.2	0.053	1.133	0.823	0.64
cari cari colorado	<i>Acacia bonariensis</i>						27.6	0.078	0.920	0.861	0.70
cari cari colorado	<i>Piptadenia viridiflora</i>	21.95	0.059	1.005	0.79	0.67					
carne de toro	<i>Conbretum leprosum</i>	408.59	0.009	0.458	0.60	0.47	891.2	0.002	0.623	0.701	0.26
casculdiño	<i>Maytenus cf. robustoides</i>	10.41	0.76	1.597	0.59	0.99					
cedro	<i>Cedrela fissilis</i>						46.0	0.048	0.664	0.868	0.44
chayote	--	1.92	3.88	2.388	.	0.31					
chirimoya	<i>Rollinia herzogii</i>	205.8	0.0202	0.372	0.62	0.28					
chocolatillo	<i>Styrax tessmanii</i>						67.7	0.027	0.681	0.518	0.53
chocolatillo 1	--						380.9	0.005	0.711	0.905	0.68
coca	--	158.1	0.014	0.63	.	0.78					
coca don israel	--	188.3	0.01	0.25	0.79	0.22					
coco	<i>Guazuma ulmifolia</i>						16.6	0.049	1.286	0.643	0.45
coloradillo	<i>Physocalymma scaberrimum</i>						24.6	0.072	0.805	0.740	0.64
comomosi	<i>Bougainvillea modesta</i>	930.1	0.003	0.482	0.51	0.82					
conservilla	<i>Alibertia verrucosa</i>						13.6	0.131	0.910	0.861	0.78
coquino	<i>Pouteria nemorosa</i>						36.6	0.042	0.854	0.915	0.63
cuchi	<i>Astronium urundeuva</i>	37.5	0.047	0.792	0.63	0.91					
curupau	<i>Anadenanthera culubrina</i>	23.78	0.035	1.215	0.69	0.87					
cuse	<i>Casearia gossypiosperma</i>	19.28	0.075	1.108	0.71	0.85	36.1	0.045	0.862	0.879	0.75
cuta	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	28.42	0.047	0.887	0.70	0.82					
cuta cascara gruesa	<i>Lonchocarpus sp.</i>	18.81	0.0005	2.646	0.89	0.48					
don concepcion	--	714.9	0.0033	0.499	0.81	0.85					
gabetillo	<i>Simira rubescens</i>	17.75	0.089	0.93	0.62	0.89	18.6	0.073	0.896	0.830	0.61
gabetillo amarillo	<i>Aspidosperma rigidum</i>						1163.1	0.002	0.615	0.906	0.71
galipea	<i>Galipea ciliata</i>	935.4	0.002	0.583	0.68	0.57					
gargatea	<i>Jacaratia spinosa</i>						21.5	0.046	0.984	0.913	0.10
gebio	<i>Albizia niopiodes</i>						1110.2	0.002	0.685	0.769	0.71
guapuru	<i>Myrciaria cauliflora</i>	7.02	0.345	0.588	0.67	0.78					
hoja de yuca	<i>Ceiba pentandra</i>						4174.2	0.000	0.583	0.810	0.39
huevo de perro	<i>Peschiera australis</i>						91.8	0.024	0.621	0.900	0.49
isotouvo	<i>Sapindus saponaria</i>						881.6	0.002	0.684	0.837	0.71
jichituriqui amarillo	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	23.8	0.041	1.045	0.59	0.86					
jichituriqui colorado	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	27.39	0.046	0.928	0.70	0.92	42.9	0.036	0.789	0.919	0.71
jorori	<i>Swartzia jorori</i>						17.6	0.001	2.393	0.472	0.62
laurel	<i>Ocotea sp.</i>						32.5	0.064	0.801	0.899	0.55
leche leche	<i>Sapium glandulosum</i>						26.0	0.040	1.092	0.834	0.39

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Bosque Seco - INPA					Bosque Sub-humedo - La Chonta				
		Hmax	a	b	DM	R ²	Hmax	a	b	DM	R ²
lucuma	<i>Pouteria macrophylla</i>						30.9	0.060	0.893	0.935	0.73
mani	<i>Sweetia fruticosa</i>	23.8	0.044	1.166	0.81	0.9	28.7	0.052	0.953	0.847	0.90
mapabi	<i>Neea cf. steimbachii</i>	12.79	0.125	0.923	0.49	0.87					
mapabi grande	<i>Neea hermaphrodita</i>						14.2	0.134	0.750	0.827	0.49
mapajo	<i>Ceiba samauma</i>	42.87	0.031	0.84	0.34	0.86					
mara	<i>Swietenia macrophylla</i>						24.2	0.040	1.149	0.911	0.63
maria pretina	--	1015.1	0.002	0.565	0.81	0.81					
momoqui	<i>Caesalpinia pluviosa</i>	33.9	0.062	0.771	0.78	0.91	30.0	0.058	0.805	0.874	0.78
mora	<i>Maclura tinctoria</i>						41.3	0.060	0.668	0.857	0.65
moradillo	<i>Machaerium acutifolium</i>	21.79	0.12	0.788	0.81	0.83					
morado	<i>Machaerium scleroxylon</i>	51.1	0.0557	0.588	.	0.83					
murure	<i>Batocarpus amazonicus</i>						26.9	0.054	0.816	0.836	0.58
negrillo	<i>Machaerium sp.</i>	11.53	0.21	0.879	0.54	0.25					
negrillo	<i>Ocotea sp.1</i>						24.8	0.091	0.763	0.851	0.64
negrillo plateado	<i>Licaria triandra</i>						74.3	0.039	0.623	0.886	0.53
negrillo tropero	<i>Licaria triandra</i>						16.2	0.123	0.815	0.808	0.65
ochoo	<i>Hura crepitans</i>						57.0	0.030	0.732	0.942	0.43
ocorocillo	<i>Spondias monbin</i>						34.6	0.067	0.698	0.883	0.48
ojoso colorado	<i>Pseudolmedia laevis</i>						83.9	0.024	0.711	0.891	0.64
otros	--	29.92	0.049	0.858	0.62	0.85					
pacay peludo	<i>Inga edulis</i>						15.3	0.110	0.917	0.809	0.56
pacay rosario	<i>Inga marginata</i>						21.3	0.041	1.030	0.486	0.68
pacovillo	<i>Capparis prisca</i>	18.34	0.054	0.936	0.63	0.78					
palo diablo	<i>Triplaris americana</i>						1481.7	0.001	0.744	0.896	0.41
paquío	<i>Hymenaea courbaril</i>	29.17	0.035	1.024	0.78	0.86	103.0	0.028	0.576	0.864	0.73
pequi blanco	<i>Eriotheca roseorum</i>	28.7	0.065	0.712	0.27	0.78					
pica pica	<i>Urera baccifera</i>	10.04	0.074	1.293	0.27	0.88					
pica pica	<i>Urera sp.</i>						13.3	0.113	0.886	0.903	0.31
picana blanca	<i>Cordia alliodora</i>	19.64	0.089	0.992	0.53	0.89					
picana blanca	<i>Cordia sp.</i>						17.5	0.001	2.356	0.427	0.53
picana negra	<i>Cordia alliodora</i>						25.3	0.051	1.021	0.859	0.50
piton	<i>Talisia esculenta</i>	25.1	0.08	0.72	0.75	0.74					
pitonillo	<i>Quiina florida</i>						1480.6	0.002	0.471	0.558	0.56
primo de guapomo	--	1821.1	0.0009	0.661	.	0.93					
quina	<i>Pogonopus tubulosus</i>	10.06	0.13	1.22	0.58	0.75					
sama colorada	<i>Cupania cinerea</i>						36.0	0.081	0.594	0.868	0.78
sapaymo blanco	<i>Trichilia pallida</i>						387.6	0.005	0.638	0.607	0.55
sapaymo colorado	<i>Hirtella triandra</i>						11.7	0.158	1.053	0.752	0.64
sapaymo colorado	--	11.86	0.239	0.677	0.63	0.89					
sauco amarillo	<i>Zanthoxylum sprucei</i>						186.9	0.012	0.657	0.918	0.48
sawinto	<i>Myrciaria sp.</i>	109.8	0.021	0.616	0.63	0.89	22.7	0.070	0.930	0.786	0.67
sawinto	<i>Myrciaria sp.</i>						9.8	0.288	0.837	0.905	0.70
serebo	<i>Schizolobium parahyba</i>						34.4	0.037	0.972	0.938	0.43
sirari	<i>Guibourtia chodatiana</i>	25.55	0.081	0.779	0.76	0.94					
sirari	<i>Ormosia nobilis</i>						23.4	0.029	1.218	0.751	0.64
soto	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	31.78	0.029	1.002	0.76	0.76					
tabacachi	--	18.94	0.076	0.923	0.47	0.94					
tajibo amarillo	<i>Tabebuia serratifolia</i>	34.74	0.085	0.68	1.00	0.82					
tajibo mono	<i>Zeyheria tuberculosa</i>	25.78	0.05	0.97	0.54	0.85					
tajibo negro	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	40.25	0.061	0.7	0.79	0.95					
tamarindo	<i>Machaerium saraense</i>	13.35	0.07	1.098	0.71	0.59					
tarara amarilla	<i>Centrolobium microchaete</i>	31.83	0.078	0.759	0.65	0.93	22.4	0.095	0.938	0.809	0.64

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Bosque Seco - INPA					Bosque Sub-humedo - La Chonta				
		Hmax	a	b	DM	R ²	Hmax	a	b	DM	R ²
tarara colorada	<i>Platymiscium ulei</i>	62.83	0.045	0.628	0.66	0.74					
tasaa	<i>Acosmium cardenasii</i>	30.58	0.078	0.72	0.73	0.91					
tipa	<i>Machaerium sp.4</i>						63.6	0.045	0.579	0.791	0.53
toborocho	<i>Chorisia speciosa</i>	21.06	0.066	0.915	0.18	0.84	24.2	0.038	0.886	0.727	0.34
trompillo	<i>Guarea guidonea</i>						9.4	0.277	0.793	0.625	0.57
utobo	<i>Luehea paniculata</i>	109	0.015	0.735	0.41	0.65					
uvilla	<i>Trema micrantha</i>						42.1	0.046	0.789	0.919	0.37
verdolago	<i>Terminalia oblonga</i>						36.2	0.052	0.823	0.858	0.65
vita	<i>Turpinia accidentalis</i>						831.9	0.003	0.543	0.308	0.42
yerbo	<i>Dendropanax arboreus</i>										0.37
yesquero blanco	<i>Cariniana ianeirensis</i>	33.97	0.039	0.893	0.39	0.96	45.2	0.017	1.066	0.946	0.36
yesquero negro	<i>Cariniana estrellensis</i>										0.64
Promedio					0.62					0.81	
Desviación estandar					0.18					0.13	

Auspiciado por:



Programa Nacional de
Cambios Climáticos
Ministerio de Planificación del Desarrollo



REPÚBLICA DE BOLIVIA



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

*The Nature
Conservancy* 
SAVING THE LAST GREAT PLACES ON EARTH



IBIF
INSTITUTO BOLIVIANO DE
INVESTIGACION FORESTAL

El Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) recibe financiamiento parcial de BOLFOR II, un proyecto de manejo forestal sostenible financiado por USAID y ejecutado por The Nature Conservancy (TNC).

Las opiniones expresadas pertenecen a las personas y no representan necesariamente la opinión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

En colaboración con:

