UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

COMPOSICIÓN FLORISTICA, ESTRUCTURA Y DINAMICA DE UN BOSQUE AMAZONICO APROVECHADO A DIFERENTES INTENSIDADES EN PANDO, BOLIVIA

TRABAJO DIRIGIDO

Juan Carlos Licona Vasquez

Tutor: Ing. M.Sc. Edwars Sanzetenea T.
Asesor: PhD. Bonifacio Mostacedo
Asesor: PhD. Marielos Peña Claros

COCHABAMBA-BOLIVIA
2007

CONTENIDO

Págs.

I. INTRODUCCION 1
1.2. OBJETIVOS 3
1.2.1. Objetivo general 3
1.2.2. Objetivos específicos 3
II. MARCO TEORICO 4
2.1 Composición florística 4
2.2 Estructura horizontal 4
2.2.1 Abundancia 5
2.2.2 Frecuencia 6
2.2.3 Dominancia 6
2.3 Dinámica del Bosque 6
2.3.1 Crecimiento 8
2.3.2 Mortalidad 9
2.3.3 Reclutamiento 9
2.4 Tratamientos silviculturales 9
2.4.1 Aprovechamiento forestal 10
2.4.2 Marcado de árboles de futura cosecha 10
2.4.3 La liberación de copas a los AFC 11
2.4.4 La liberación de bejucos 11
2.4.5 Liberación de la regeneración natural 11
2.4.6 Escarificación del suelo 12
2.4.7 Refinamiento 12
III. METODOLOGIA 13
3.1 Área de Estudio 13
3.2 Diseño Experimental 16
3.3 Descripción de las variables registradas en las parcelas experimentales 18
3.4 Análisis de Datos 20
3.4.1 Composición florística y estructura del bosque 20
3.4.2 Dinámica del bosque 21
IV. RESULTADOS Y DISCUSION 23
4.1. Composición y riqueza florística 23
4.1.1 Tipos de Vegetación 24
4.1.2 Relación área especie 26
4.1.3 Importancia ecológica de las especies 26
4.2 Estructura horizontal del bosque 28
4.2.1 Densidad y área basal por clases diamétricas 28
4.2.2 Porcentaje de árboles por posición de copa, forma de copa e infestación de bejucos. . 29
4.2.2.1 Posición de Copa 29
4.2.2.2 Forma de copa 30
4.2.2.3 Infestación de bejucos 31
4.3 Dinámica del bosque 32
4.3.1 Tasa de crecimiento por clase díamétrica y tratamiento 32
4.3.2 Tasa de crecimiento por posición de copa y tratamiento 35

4.3.3 Tasa de crecimiento promedio de los árboles por forma de copa por tratamiento 37
4.3.4 Tasa de crecimiento de los árboles infestados de bejucos por tratamiento..... 39
4.3.5 Tasa de mortalidad por tratamiento 41
4.3.5 Tasa de reclutamiento por tratamiento..... 44
V. CONCLUSIONES 46
VI. RECOMENDACIONES..... 48
VII. BIBLIOGRAFIA..... 49
ANEXOS……....55

INDICE DE CUADROS

Págs.

Cuadro 1. Características de cada subparcela de 1 ha dentro de las parcelas experimentales de un bosque amazónico de Pando, Bolivia. Se presentan datos de densidad, área basal y riqueza florística, a partir de 10 cm de DAP.....……....24

Cuadro 2. Lista de las 20 especies con mayor valor del IVI y área basal por hectárea en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Las especies están ordenadas según el IVI…..……..27

Cuadro 3. Crecimiento por clases diamétricas y tratamiento (Testigo, Normal, Mejorado e Intensivo) para todas las especies en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). ……..……34

Cuadro 4. Crecimiento por posición de copa y por tratamiento para todas las especies de un bosque amazónico de Pando (SAGUSA)……..……..36

Cuadro 5. Crecimiento por forma de copa y por tratamientos para todas las especies de un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). ……..…….38

Cuadro 6. Crecimiento por tipo de tratamiento por categoría de infestación de bejucos para todas las especies en un bosque amazónico de pando (SAGUSA). …….40

Cuadro 7. Tasa de mortalidad natural y tasa de mortalidad por aprovechamiento en porcentaje para todas las especies arbóreas por tratamiento en dos periodos de evaluación en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). ……..……..42

Cuadro 8. Tasa de reclutamiento por tratamiento y para dos periodos de evaluación 2004 -2005 en un bosque de la Amazonia (SAGUSA). ……...…45

INDICE DE FIGURAS

Págs.

Figura 1. Ubicación de la concesión forestal SAGUSA y de las parcelas experimentales (PISLP) en el departamento de Pando…….14

Figura 2. Diseño utilizado en las parcelas experimentales del Proyecto de Investigación Silvicultural a Largo Plazo. Se indican las diferentes subparcelas utilizadas para el levantamiento de datos……..…17

Figura 3. Categorías de posición de copa utilizadas durante el censo. Estas categorías están relacionadas con el grado de iluminación (variables Dawkins modificado). ……19

Figura 4. Categorías de forma de copa utilizadas durante el censo (variables Dawkins modificado). ……..19

Figura 5. Clases de grados de infestación de bejucos (IB) utilizadas durante el censo realizado.20

Figura 6. Dendrograma para separar las subparcelas en tipos de bosque mediante el método DCA. El análisis se hizo utilizando datos de la composición y abundancia de las especies de las parcelas muestreadas. ……....25

Figura 7. Curva área/especie registradas en 16 parcelas de una hectárea en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA), mayores a 10cm de DAP. …….26

Figura 8. Distribución de árboles por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Los datos son promedios por ha (error estándar), y están basados en 16 subparcelas de 1 ha cada una. ……...28

Figura 9. Distribución del área basal promedio por ha por clase diamétrica, en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Los datos son promedios por ha (error estándar), y están basados en 16 subparcelas de 1 ha cada una. …….29

Figura 10. Porcentaje de individuos en cada categoría de posición de copa: (1) plena luz vertical y lateral, (2) plena luz vertical, (3) cierta luz vertical, (4) cierta luz lateral y (5) sin luz directa. 30

Figura 11. Porcentaje de individuos en cada categoría de forma de copa: (1) perfecta, (2) buena, (3) tolerante, (4) pobre y (5) muy pobre. En un bosque Amazónico de Pando. ……..31

Figura 12. Porcentaje de individuos para cada categoría de infestación de bejucos: (1) Libre de bejucos, (2) presencia de bejucos en el fuste, (3) presencia leve de bejucos en el fuste y copa y (4) presencia completa de bejucos en el fuste y copa. ……..32

Figura 13. Crecimiento anual de los árboles por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE. ……33

Figura 14. Crecimiento anual de los árboles por tratamiento en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE. ..34

Figura 15. Crecimiento por posición de copa para todas las especies de un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE. …….36

Figura 16. Crecimiento por categoría de forma de copa para todas las especies de un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE. ……..…38

Figura 17. Crecimiento por categoría de infestación de bejucos para todas las especies en general en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Categoría de infestación de bejucos. **1** = libre de bejucos, **2** = bejucos en el fuste, **3** = bejucos en el fuste y en la copa, **4** = bejucos cubriendo totalmente la copa de los árboles. Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE. ……40

Figura 18. Tasas de mortalidad promedio por aprovechamiento y natural por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). ……...42

Figura 19. Tasas de mortalidad por aprovechamiento y natural por clase diamétrica para cada tipo de tratamiento, en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). ……...43

ANEXOS

ANEXO 1. Lista de especies por grupo comercial y por índice de valor de importancia ecológica (IVI). Se presentan datos de abundancia, área basal y tasa de crecimiento promedio (ICA). Datos de IVI provienen de las subparcelas de 1 ha, establecidas en las parcelas experimentales en una región de Pando (SAGUSA).

ANEXO 2. Tasas de crecimiento promedio por grupo de especies por tratamiento para una región de Pando (SAGUSA). ($\bar{x}$ = crecimiento promedio y n = número de individuos).

ANEXO 3. Tasas de crecimiento promedio por grupo de especies por tratamiento y por posición de copa, en una región de Pando (SAGUSA). ($\bar{x}$ **=** crecimiento promedio, EE = Error estándar y n = número de individuos**)**

ANEXO 4. Tasas de crecimiento promedio por grupo de especies por tratamiento y por forma de copa, en una región de Pando (SAGUSA). ($\bar{x}$ **=** crecimiento promedio, EE = Error estándar y n = número de individuos**)**

ANEXO 5. Tasas de crecimiento promedio por grupo de especies por tratamiento y por infestación de bejucos, en una región de Pando (SAGUSA). ($\bar{x}$ **=** crecimiento promedio, EE = Error estándar y n = número de individuos**).**

ANEXO 6. Tasas de mortalidad por causa natural y por el efecto del aprovechamiento forestal por tratamiento para dos grupos de especies más importantes, en una región de Pando (SAGUSA).

ANEXO 7. Tasas de reclutamiento por tratamiento para dos grupos de especies mas importantes en una región de Pando (SAGUSA).

ANEXO 8. Tasas de reclutamiento y mortalidad en porcentaje para todas las especies arbóreas por tratamiento en dos periodos de evaluación en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Tasa de mortalidad general = árboles muertos naturalmente, muertos por aprovechamiento forestal; mortalidad natural = árboles muertos naturalmente.

RESUMEN

Se realizó un estudio de la composición florística, estructura y dinámica del bosque amazónico en la concesión forestal SAGUSA S.R.L., localizada en el municipio de Bella Flor, provincia Nicolás Suárez del departamento de Pando. El estudio se realizó en las parcelas experimentales del Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo del Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF). Las cuales tienen un diseño de bloques completamente aleatorio. Cada bloque contiene cuatro tratamientos o parcelas y cada parcela recibe uno de cuatro tratamientos que varían en intensidad de aprovechamiento y aplicación de tratamientos silviculturales. La densidad promedio fue de 422 árboles/hectárea, con un diámetro > 10 cm, y un área basal promedio de 18,8 m²/ha. Se encontraron 209 especies arbóreas mayores a 10 cm de DAP correspondientes a 47 familias. Las familias más abundantes fueron Leguminosae con 33 especies y Moraceae con 25 especies. Las especies más abundantes y frecuentes con un alto Indice de Valor de Importancia (IVI) fueron quecho amarillo *(Brosimum* sp., 10,58%), nui *(Pseudolmedia lavéis,* 9,02%), asaí *(Euterpe predatoria,* 8,98%), coloradillo *(Hirtella bicornis,* 8,90%). La distribución diamétrica de los árboles y el área basal presentaron un patrón de "J" invertida, con muchos individuos en las clases diamétricas menores, y una disminución continua en frecuencia para las clases mayores de tamaño. El 35,9% de los árboles reciben una cierta luz vertical mientras que el 11% de los árboles recibe luz directa vertical y lateral. Con respecto a la forma de copa el mayor porcentaje de los árboles tienen una copa tolerante (37,8%). También se encontró que el 53% de los árboles tienen bejucos presentes en el fuste y/o copa, y el 6,7% de los árboles están infestados por bejucos que afectan el crecimiento de una u otra manera. La tasa anual de crecimiento promedio para todas las especies y tratamientos fue de 0,41cm/año. Los tratamientos testigo y normal tuvierón la mayor tasa de crecimiento (0,43 cm/año), mientras que el mejorado e intensivo fueron los que tuvierón menor crecimiento (0,38 y 0,39 cm/año respectivamente). El crecimiento varió con la clase diamétrica considerada, con la posición de copa (árboles emergentes crecieron más que los árboles que no reciben luz directa), forma de copa (árboles con copas perfectas crecieron más que los árboles con copas muy mala) e infestación de bejucos (árboles libre de bejucos crecieron más que árboles totalmente cubiertos de bejucos).

La tasa de mortalidad natural promedio fue de 2,5%. La tasa de mortalidad por el efecto del aprovechamiento forestal varió con el tratamiento aplicado, siendo que en el tratamiento normal fue de 4,89% y en el intensivo fue de 6,48%. La tasa de reclutamiento promedio general fue de 0,96%. La mayor tasa reclutamiento se registró en el tratamiento intensivo (1,34%) y la menor tasa en el tratamiento testigo (0,58%).

Palabras Claves: Composición florística, estructura, dinámica de bosques, crecimiento, mortalidad y reclutamiento.

ABSTRACT

A floristic composition, structure and forest dynamic study was carried out in the Bolivian Amazon within the forest concession SAGUSA S.R.L., located in the municipality of Bella Flor, Nicolás Suárez province in the Departament of Pando. The fieldwork was done in the experimental plots from the Long-term silvicultural research program monitored by the Instituto Boliviano de Investigación Forestal. Those plots have been established in a random block design. Each block has 4 plots, each plot received 1 of 4 treatments varying in logging intensity and silvicultural treatments. Trees above 10 cm diameter were evaluated. The average tree density was 422 trees/ha, while average tree basal area was 18.8 m²/ha. 209 tree species from 47 families were found. Leguminaceae (33 species) and Moraceae (25 species) were the most abundant families. The most abundant and most frequently occuring species with a high importance value index (IVI) were Quecho Amarillo *(Brosimum* sp.*,* 10,58%), nui *(Pseudolmedia lavéis,* 9,02%), asaí *(Euterpe predatoria,* 8,98%), coloradillo *(Hirtella bicornis,* 8,90%). The diameter distribution and basal area had an inverted "J" pattern, with many individuals in the lower diameter classes and few individuals at higher diameter classes. 35,9% of trees received some vertical light while 11% of trees received both direct vertical and lateral light. With respect to crown shape, most trees had a tolerable crown (37,8%). It was also found that 53% of trees had lianas in their stem/crown, and 6,7% of the invested trees were in some way affected in their growth. The mean annual growth rate was 0,41cm/year. The control and normal plots had higher growth rate (0,43 cm/year), whereas improved and intensive plots had lower growth (0,38 and 0,39 cm/year respectively). Tree growth also varied with the diameter class, crown position (emergent trees grew more than trees receiving indirect light), crown shape (trees with perfect crown grew more than trees with poor crown quality) and lianas infestation (trees free of lianas grew faster than trees completely covered with lianas).

The mean natural tree mortality rate was 2,5%. Mortality rate caused by forest logging varied with the applied treatment, being 4.89% at the normal treatment and 6,48% at the intensive treatment. The overall mean recruitment rate was 0,96%. The highest recruitment rate was recorded at the intensive plot (1,34%) and the lowest at the control plot (0,58%).

Key Words: Floristic composition/ Structure/ Forest dynamics/ Growth/ Mortality/ Recruitment.

I. INTRODUCCION

Los bosques del departamento de Pando cubren una extensión de 75.263 km^2 de los 221.825 km^2 que conforman la amazonía boliviana (Lara, 1995). El aislamiento del departamento con respecto a las principales ciudades del país hace que sus bosques presenten un menor grado de alteración (Pennington, *et al*., 1989). Estos bosques amazónicos están conformados por una diversidad de ecosistemas distribuidos en un complejo mosaico (Salms y Marconi, 1992), los cuales puedes ser clasificados usando factores bioclimáticos y edafológicos. A pesar de ello, se tiene limitados conocimientos de su flora, debido a que los estudios de vegetación en la amazonía boliviana fueron escasos hasta la década de los 80 (Moraes y Beck, 1992). Los tipos de bosque de Pando diferenciados por Killeen, *et al.*, (1993), Lara, (1995) y Navarro, (1997) se complementan con estudios de ZONISIG (1997), que mencionan a 8 tipos florísticos, más 5 subtipos o variantes. Estudios recientes como los de Alberson, *et al.*, (2000) y Navarro, (sin publicar), describen nuevas comunidades vegetales. Al mismo tiempo, Navarro afirma que la vegetación de Pando tiene clasificaciones generales con unidades fisonómicas superpuestas florísticamente, que no guardan una clara relación con las condiciones ecológicas determinantes (Balcazar, *et al*., 2001).

La actividad forestal en Bolivia ha obligado a que se desarrollen políticas y estrategias de manejo sostenible del recurso, para que sea a largo plazo y que genere beneficios económicos para los distintos usuarios del bosque. Una de estas estrategias es la nueva la Ley Forestal 1700, su Reglamento y Normas Técnicas vigentes que determinan la obligación de incluir en todo Plan de Manejo Forestal un sistema de monitoreo mediante parcelas permanentes. El propósito de este sistema de monitoreo es evaluar el efecto del aprovechamiento y otras intervenciones silviculturales en el bosque remanente Norma Técnica (Norma Técnica 248/98). Una limitación de las parcelas permanentes exigidas por la normativa actual es su tamaño pequeño, generalmente de una hectárea. Para efectos de investigación de los impactos del aprovechamiento, por ejemplo en la fauna, una hectárea no permite recolectar la información adecuada (B. Flores, com. pers). Por esta razón, el proyecto BOLFOR, en colaboración con instituciones bolivianas y organizaciones internacionales, comenzó en el año 2000 la ejecución del Programa de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (PISLP) que tiene como finalidad 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. La responsabilidad de continuar con este proyecto de investigación fue transferida al Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) a finales del 2003.

El manejo forestal de los bosques, promovido por la nueva Ley Forestal N° 1700 (MDSP 1996), es una estrategia para asegurar la conservación de los bosques en Bolivia. Para lograr esto, sin embargo, es necesario tener información básica de la composición, estructura y dinámica de los bosques. Por ejemplo, es necesario conocer la ecología de un ecosistema o de las especies que la habitan para poder determinar adecuadamente los ciclos de corta, los diámetros mínimos de corta y volúmenes de corta a ser usados en una determinada área bajo manejo forestal (Uslar, *et al*., 2004). Sólo con este tipo de información científica será posible planificar e implementar el manejo forestal de manera más racional.

Por esta razón, las parcelas permanentes constituyen herramientas fundamentales para conocer el crecimiento, mortalidad, reclutamiento y rendimiento del bosque remanente, obteniendo de esta manera información esencial para ser utilizada en el momento de toma decisiones de ordenación forestal (Dauber, *et al*., 2003). Además, es importante mencionar que en general no existe mucha información sobre la dinámica de bosques amazónicos y la ecología de sus especies. Los estudios más completos que describen las tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento para esta región son los realizados por Poorter, *et al*. (2001), Dauber, *et al*. (2003) y Brienen y Zuidema, (2003).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Estudiar la composición florística, estructura y dinámica de un bosque amazónico de Pando, y el efecto de diferentes intensidades de aprovechamiento forestal tomando en cuenta las consideraciones definidas para el manejo forestal adaptativo.

1.2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este estudio son:

- Determinar la riqueza, los tipos de bosque, la relación área especie y el índice de valor de importancia de la vegetación un bosque amazónico.
- Cuantificar el número de individuos y área basal por clases diamétricas, como también el número de individuos por las diferentes categorías de posición de copa, forma de copa (variables Dawkins) e infestación de bejucos en un bosque amazónico.
- Determinar las tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad en diferentes intensidades de aprovechamiento de corta, relacionando con las diferentes categorías de posición de copa, forma de copa e infestación de bejucos e un bosque amazónico.

II. MARCO TEORICO

2.1 Composición florística

La composición es el conjunto de especies de organismos que componen un bosque. Un atributo importante de casi todos los bosques tropicales es el gran número de especies que contienen. De los 3 a 10 millones de especies de organismos que hay en el mundo, dos tercios son propios de los trópicos, y la mayoría viven en los bosques tropicales amazónicos (Prance, 1982). Posiblemente el 80% de las especies de plantas tropicales ya se hayan identificados. El mayor número de especies arbóreas en los bosques primarios neotropicales ha sido registrado en Ecuador, donde se registro 300 especies por ha (Valencia, *et al*., 2004). La diversidad de especies se expresa comúnmente mediante la cantidad de especies por unidad de terreno: la cantidad de especies aumenta a medida que aumenta la superficie. Por lo tanto, cuando se hacen estudios de diversidad de especies es importante usar una superficie estándar para hacer las comparaciones, generalmente de 1 ha.

La diversidad florística de los bosques amazónicos de Bolivia ha sido registrada en diferentes estudios. En un estudio realizado en Alto Ivón se registraron 94 especies y 649 árboles/ ha (Boom, 1986). En un estudio comparativo de riqueza y densidad se encontró bastante variación en el numero de especies y densidad en diferentes regiones de la Amazonia: 146 especies con 649 árboles/ha en Serranía Pilón Lajas, 67 especies y 506 árboles/ha en Río Zaguayo y 94 especies con 606 árboles/ha en el Parque Noel Kempff (Smith y Killeen, 1998). Estudios más reciente realizado en la reserva El Tigre, ubicada a 50 km al este de Riberalta se registraron 81 especies y 544 individuos/ ha. (Poorter, *et al*., 2001) y en el departamento de Pando en el sector este se registraron 73 a 111 especies y 377 a 541 árboles/ha en la provincia Manuripi, 131 especies y 725 árboles/ha en la provincia Abuná y 133 a 130 especies y 718 a 716 árboles/ha en la provincia Federico Román (Balcázar, *et al*., 2001).

2.2 Estructura horizontal

Se entiende por estructura horizontal al arreglo espacial de los organismos, en este caso árboles. Este arreglo no es aleatorio, pero sigue modelos complejos que lo hacen ver como tal. En los

bosques este fenómeno es reflejado en la distribución de individuos por clase diamétrica. Algunas especies presentan una distribución de jota invertida, mientras que otras no parecen presentar una tendencia identificable en su distribución (Valerio y Salas, 1997).

A través de estudios estructurales es posible conocer la dinámica del bosque y el temperamento de las especies. Además, los resultados de los análisis de la estructura vegetal permiten obtener deducciones importantes acerca del origen, las características ecológicas, el dinamismo y las tendencias del futuro desarrollo de las comunidades forestales (Lamprecht, 1962). Otros autores mencionan que el análisis de la estructura proporciona la información necesaria sobre la composición florística, la distribución de los árboles y parámetros dasométricos que permiten interpretar los elementos dinámicos y realizar un pronóstico del funcionamiento natural y del desarrollo futuro (Schmidt, 1977).

Los estudios fitosociológicos o estudios de las comunidades vegetales se llevan a cabo en función de la composición de atributos o caracteres de la vegetación. Los atributos son las distintas categorías de plantas, donde las comunidades están diferenciadas y caracterizadas unas a otras por la presencia de ciertas categorías, ausencia de otras y por la abundancia relativa o cantidad de cada una de ellas. La caracterización de los atributos se refiere básicamente a la clasificación de aspectos florísticos y dasonomico-estructurales. Además definen a las variables como las estimaciones del promedio de las expansiones de abundancia o dominancia de las categorías vegetales de la comunidad (Matteucci y Colma, 1982). Una manera de medir la importancia de las diferentes especies en el ecosistema es el Indice de Valor de Importancia (IVI). El IVI puede ser expresado en términos de la dominancia, densidad y frecuencia (Curtis y McIntosh, 1950; citado por Wadsworth, 2000).

2.2.1 Abundancia

Se conoce como abundancia al número de individuos por unidad de área, o sea el número de árboles por hectárea (densidad). Se puede determinar la abundancia de cada especie o por grupo de especies. Por lo general, en el área forestal se determina la abundancia para especies comerciales y no comerciales. Así mismo, se puede determinar la distribución de la abundancia

por categorías de diámetro (Valerio y Salas, 1997), grupos funcionales de especies, modo de dispersión de semillas, etc.

2.2.2 Frecuencia

Se define frecuencia como la proporción de unidades de registro en las que se observa determinado atributo, en este caso la presencia de un árbol de interés comercial, respecto del total de unidades de registro evaluadas. La frecuencia es expresada generalmente como porcentaje. Para determinar la frecuencia se cuentan las unidades de registro ocupadas por al menos un árbol de una especie comercial y se divide entre el total de las unidades de registro. Para hacer la distribución diamétrica se agrupan las parcelas ocupadas de acuerdo a la categoría correspondiente del individuo de mayor dimensión y se procede a determinar las proporciones respectivas (Valerio y Salas, 1997).

2.2.3 Dominancia

Se considera como dominancia al porcentaje de área basal de cada especie en relación al área basal total (Matteucci y Colma, 1982).

2.3 Dinámica del Bosque

Los bosques húmedos tropicales se encuentran en constante cambio. El motor de esta dinámica son las perturbaciones que resultan en la formación de los claros (Whitmore, 1991; Sitioe, 1992; citado por Araujo, 2002). Los claros pueden ser originados por diferentes tipos de perturbaciones, que pueden ser naturales (muerte de un árbol), o inducidos por el hombre (tala y quema, aprovechamiento de madera u otro producto) (Whitmore, 1984). Este proceso dinámico permite la regeneración y las oportunidades de cambio en el bosque, ya que se sean condiciones ecológicas (principalmente luz), que permiten el establecimiento de especies de árboles, que a su turno alcanzaran la madurez y tal vez la senectud para morir posteriormente. Por lo tanto, un bosque húmedo tropical primario está constituido por un mosaico de parches en diferentes fases de desarrollo. Estas fases son fase de regeneración, la fase de surgimiento o de estructuración, fase de madurez o fase óptima y fase de degradación (Lamprecht, 1990).

- La fase de regeneración se inicia con la apertura de claros. En esta fase puede estar incluida la regeneración en estado de espera, la cual es activada mediante el aumento de luz o una regeneración nueva establecida después de abrirse el claro.
- La fase de surgimiento o de estructuración cuyo transcurso depende del tamaño original del claro, de su eventual ampliación y de la combinación de especies existentes dentro de la regeneración en desarrollo, así como muchas otras variables. Esta fase es la más dinámica para las especies que son claramente capaces de alcanzar el piso superior. El potencial de crecimiento vertical es decisivo para el éxito y la derrota en la lucha por sobre vivir. Esta fase es relativamente de corta duración.
- La fase de madurez o fase óptima se inicia después de que la o las especies vencedoras han alcanzado posición de codominancia o dominancia en el claro. Así que el dominio de claro está asegurado, el crecimiento en altura se detiene casi por completo, luego se produce solo una ampliación de las copas y un incremento diamétrico un poco más rápido. La fase de madurez es relativamente estacionaria, puede durar decenios o muchas veces siglos, estos procesos dinámicos se limitan a los pisos inferiores, en los cuales se continúa observando algunos cambios entre las especies del sotobosque.
- La fase de degradación se caracteriza por la desintegración de la estructura vertical con la siguiente formación de claros pequeños o grandes. Esta fase generalmente dura poco tiempo y da lugar a la fase de regeneración (Lamprecht, 1990).

La dinámica de los bosques está estrechamente relacionada con la fisiología, la estructura horizontal y vertical, la composición florística y la consecuencia directa de las condiciones ambientales, la estrategia de perturbación de la especie, así como de las características del sitio y de la estructura del bosque. Las especies arbóreas tienen diferentes tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento (Veizaga, 1999). El estudio de los procesos de crecimiento, mortalidad y reclutamiento en sistemas dinámicos como son los bosques tropicales es imprescindible para la explicación de su composición, estructura y dinámica (Harper, 177; Begon, *et al*., 1986, citado por Finegan, 1992).

2.3.1 Crecimiento

El crecimiento se define como la variación del tamaño de un individuo en el tiempo y la magnitud de la variación se denomina incremento. Para poder analizar el crecimiento del bosque como un todo y de los árboles individuales, deben analizarse las características del medio y de las especies o individuos. Se debe tener presente que el crecimiento total es la suma del crecimiento de los individuos, que depende de las características genéticas de las especies e individuos, el vigor (su capacidad intrínseca para aprovechar los recursos disponibles), la etapa de desarrollo de los árboles (edad), las características del sitio (disponibilidad de agua, minerales, luz, y temperatura), y el manejo realizado en el bosque.

Para acercarse al concepto del rendimiento sostenible, se debe aprovechar en el bosque un volumen igual al crecimiento que se ha dado en ese tiempo. De esta manera se podrá evitar que se disminuya el vuelo por debajo de los límites que le permitan la recuperación de su potencial de producción, dentro de períodos económicamente interesantes. Conocer la tasa de crecimiento de de las especies comerciales es de gran importancia, pues de ello depende, en gran medida, el éxito económico del manejo (Valerio y Salas, 1997).

La tasa de crecimiento promedio en la Amazonía es de 0.299 cm/año, en base a datos provenientes de parcelas permanentes ubicadas en tres diferentes áreas de la Amazonia boliviana (Dauber, *et al*., 2003). Las áreas ubicadas en la parte Occidental tienen una tasa de crecimiento mayor (0.350 cm/año en las concesiones forestales IMAPA y SAGUSA) que el área ubicada en la parte Este de la Amazonia (0.230 cm/año, en Reserva El Tigre-PROMAB). Esta diferencia entre la parte Este y Oeste de la Amazonía puede ser causada por varios factores, entre ellos el hecho que las parcelas de la parte Este se encuentran ubicadas en un área sin aprovechamiento. Las especies comerciales de bajo incremento en la Amazonía son tajibo (*Tabebuia* sp.), sangre de toro (*Iryanthera* sp. */Otoba* sp./*Virola* sp.) e itauba (*Heisteria* sp.) con valores cerca de 0.20 cm/año, mientras que las especies con alto incremento son almendrillo (*Apuleia leiocarpa*) y verdolago (*Terminalia* sp.) con incrementos de 0.45 cm/año. Por otro lado, otro estudio indica que el incremento promedio en las parcelas de PROMAB es 0,18 cm/año (incluyendo las especies de palmeras. La mayoría de las especies tuvieron un crecimiento lento. Solo el 16% de los árboles

tuvo un crecimiento igual o mayor a 0,50 cm/año, y solamente el 4% de los árboles tuvo un crecimiento igual o mayor a 1,00 cm/año (Poorter, *et al*., 2001).

2.3.2 Mortalidad

La mortalidad en una comunidad vegetal es un proceso importante a todo nivel, ya que afecta la composición florística de la comunidad, y a nivel práctico determina en un bosque cuantos árboles comerciales alcanzan tamaño maderable (Finegan, 1992). En términos generales, la mortalidad en poblaciones de plantas establecidas (o sea mas allá de la etapa de plántula) es un proceso exponencial negativo (Harper, 1977; citado por Finegan, 1992). Hay indicaciones que los bosques de la amazonia son mas dinámicos que otros bosques tropicales (Phillips, *et.al*., 1998). Entre las causas de la mortalidad de los árboles que se encuentran en los bosques, se pueden nombrar las siguientes: competencia por recursos, senitud determinada por el tamaño máximo y la muerte causada por factores extremos como insectos, enfermedades, viento, fuego y rayos (Spur y Barner, 1979).

2.3.3 Reclutamiento

El reclutamiento es el proceso por el cual un individuo ingresa a una población o a una clase diamétrica superior en el caso de árboles. Generalmente este proceso de reclutamiento se determina a través de conteos directos y por funciones logarítmicas como se lo hace con la mortalidad (Sánchez, 1995; citado por Guzmán, 1999).

Para que una población no disminuya de tamaño y finalmente no se extinga, su tasa de natalidad o reclutamiento a lo largo de un periodo debe ser por lo menos igual a su tasa de mortalidad (Hutchinson, 1981). El balance de estos procesos de mortalidad y reclutamiento determinan el número de organismos presentes en la comunidad o población. (Finegan, 1992).

2.4 Tratamientos silviculturales

La silvicultura es interpretada de varias formas, pero el concepto más utilizado es: “la práctica de controlar el establecimiento, la composición y el crecimiento de los bosques” (Valerio y Salas,

1997). Una definición, más sucinta, indica que la silvicultura es “la ecología forestal aplicada”. La silvicultura comprende el aprovechamiento (generalmente denominado “primer tratamiento silvicultural”), los tratamientos culturales adicionales para la mejora de la regeneración o el control de composición de especies, calidad de árboles y crecimiento; y los tratamientos enfocados en la protección de bosque del ataque de plagas, patógenos y desastres naturales (Fredericksen,. *et al*., 2001)

El objetivo de los tratamientos silviculturales es provocar cambios en la estructura del bosque con la finalidad de asegurar el establecimiento de la regeneración e incrementar el crecimiento en función de un beneficio económico futuro. En la aplicación de tratamientos hay riegos de disminuir la diversidad y la proporción de especies de árboles. Si la aplicación no es planificada debidamente, se podría poner en peligro la estabilidad del bosque. En la aplicación de los tratamientos silviculturales es necesario que el personal que interviene este bien capacitado en la identificación de árboles. A continuación se mencionan los tipos de tratamientos silviculturales más comunes.

2.4.1 Aprovechamiento forestal

El aprovechamiento forestal constituye el principal tratamiento silvicultural en el manejo forestal, su aplicación puede causar tanto trastornos positivos, como negativos en el bosque. El aprovechamiento puede favorecer la tasa de crecimiento de los árboles por la apertura del dosel. Por ello, el conocimiento de las condiciones del bosque y sus necesidades son importantes para que la implementación del manejo permita alcanzar los objetivos previstos (Fredericksen, *et al*., 2001).

2.4.2 Marcado de árboles de futura cosecha

El marcado de árboles de futura cosecha (AFC) tiene como objetivos señalizar los AFC para hacerlos más visibles durante la apertura de caminos de extracción, el tumbado de los árboles aprovechados y durante la operación de arrastre de la tronca con la maquinaria. Esta práctica disminuye el daño a AFC durante el aprovechamiento, lo cual resulta en más árboles aprovechables en el próximo ciclo de corta y un aumento en el volumen comerciable. Se

considera como AFC a los árboles de especies comerciales de interés (actual o potencial) que tienen un diámetro menor al diámetro mínimo de corta, y que presentan una calidad de fuste buena o regular y una forma de copa de excelente a regular (Krueger, 2003).

2.4.3 La liberación de copas a los AFC

La liberación de los AFC también se hace para que éstos crezcan con mayor rapidez y tengan mayor probabilidad de supervivencia. Este tratamiento acorta el periodo necesario para alcanzar diámetros mínimos para el aprovechamiento, y también permite que el ciclo de corta sea menor.
Uno de los tratamientos recomendados es mediante el anillamiento y envenenamiento con herbicidas (aprobados por la OMS) aplicado a árboles no valiosos que estén obstruyendo la entrada de luz a los AFC. (Fredericksen, *et al*., 2001)

2.4.4 La liberación de bejucos

Otro tratamiento muy común es la corta de bejucos, el mismo que es barato, efectivo y fácil de aplicar. Los bejucos entrelazan árboles vecinos causando daños a la hora de la tala, retardan el crecimiento de los árboles porque compiten por luz, reducen la producción de semillas, afectan la calidad de la madera, y aumentan los riesgos para el motosierrista. Se recomienda cortar todos los bejucos que se encuentran en el tronco del AFC y bajo la proyección de la copa del AFC. Para que sea considerada una práctica silvícola y efectivamente reduzca el daño a los AFC durante la tala, la corta debe hacerse por lo menos seis meses antes del aprovechamiento (Fredericksen, *et al*., 2001).

2.4.5 Liberación de la regeneración natural

La liberación de regeneración natural tiene como objetivos reducir la tasa de mortalidad de los brinzales, latizales y fustales valiosos, y favorecer su crecimiento a través de la proporción de luz a individuos valiosos tanto en claros como bajo el dosel del bosque.

La liberación de la regeneración natural de especies valiosas puede ser aplicada de varias formas, dependiendo de las condiciones del sitio y de las especies a liberar. Las dos maneras que han sido

probadas en el país son la eliminación de plantas no deseables mediante el desbroce con machete y mediante el anillamiento y envenenamiento con herbicidas (aprobados por la OMS) aplicado a árboles no valiosos que estén obstruyendo la entrada de luz a la regeneración natural valiosas (Fredericksen, *et al*., 2001).

2.4.6 Escarificación del suelo

El objetivo de esta operación es exponer el suelo mineral del claro resultante del tumbado de un árbol a las semillas para promover su germinación y posterior crecimiento. Esta operación consiste en remover la vegetación y palos resultantes del aprovechamiento usando la pala del skidder. Este tratamiento puede ser realizado antes o después de sacar la tronca del claro de aprovechamiento, y debe ser realizado rápidamente, evitando sacar la capa orgánica del suelo (por lo tanto, no se debe tratar de mover pedazos muy pesados que hayan quedado del árbol cortado). Con esta operación también se remueve la vegetación competidora (ej.: bejucos).

Finalmente este tratamiento debe ser aplicado solamente cuando el claro de aprovechamiento cumpla con los siguientes requisitos: que no exista regeneración de especies comerciales, que el claro formado en el dosel no sea muy pequeño, que existan uno o más árboles semilleros cercanos al sitio, y que el terreno no sea inclinado. Las experiencias en escala operacional han demostrado que esta práctica efectivamente promueve el establecimiento de las especies (Fredericksen, *et al*., 2001).

2.4.7 Refinamiento

El refinamiento consiste en la eliminación de árboles de especies no comerciales con diámetros superior a un determinado límite, definido para cada tipo de bosque, para evitar la entrada excesiva de luz y el establecimiento de vegetación no deseable. El refinamiento promueve el establecimiento de la regeneración por la entrada de luz y la descomposición de materia orgánica adicional ocasionando por la muerte de los árboles anillados, y contribuya al incremento de las tasas de crecimiento de los árboles remanentes. En Surinam se han probado exitosamente diferentes intensidades de refinamiento (Fredericksen, *et al*., 2001).

III. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudio

El área de estudio está ubicada dentro la concesión forestal SAGUSA S.R.L (09º 49’ S; 67 º 48’ W) a unos 185 km NE de la ciudad de Cobija, provincia Nicolás Suárez, tercera sección del cantón Mercier del Municipio de Bella Flor departamento de Pando (Figura 1). La concesión tiene una superficie de 66087,00 ha. En base al inventario forestal realizado el área de SAGUSA ha sido dividida en cuatro tipos de uso forestal o bosque productivo (61252 ha), servidumbres ecológicas no sujetas a la intervención forestal (4522 ha), área otros usos como los pastizales (150 ha) y área correspondiente a caminos (162 ha) (Solíz, 2004).

En SAGUSA se han identificado más de 105 especies de árboles, de los cuales 21 especies son consideradas de valor comercial como mara, almendrillo, cedro, coquino, roble, tajibo, y verdolago. Actualmente solo se aprovechan entre 8 a 10 especies. El volumen potencial actual de aprovechamiento oscilan entre 30 m^3/ha, para 21 especies. El ciclo de corta es de 20 años, siendo que cada año se aprovecha un Area de Aprovechamiento Anual (AAA) con una superficie de aproximadamente 3.229 ha (Solíz, 2004).

Según el Plan de Uso del Suelo del departamento de Pando (PLUS-PANDO, 1996), la concesión se encuentra en la categoría de tierras de uso forestal. Las áreas de tierras forestales se caracterizan por reunir condiciones para uso forestal bajo manejo sostenible, para la producción permanente de madera y otros productos forestales. En general coinciden con tierras que no presentan suelos aptos para las actividades agrícolas o pecuarias y que tienen cobertura de bosque (ZONISIG, 1996).

El clima de la región es cálido no habiendo mucha diferencia de temperaturas entre los meses más cálidos y más fríos La temperatura promedio es de 25°C y la precipitación media anual es de 1.834 mm., según el Servicio Nacional de Hidrologíca y Meteorología (Thornthwaite, 2004; citado por Solíz, 2004).

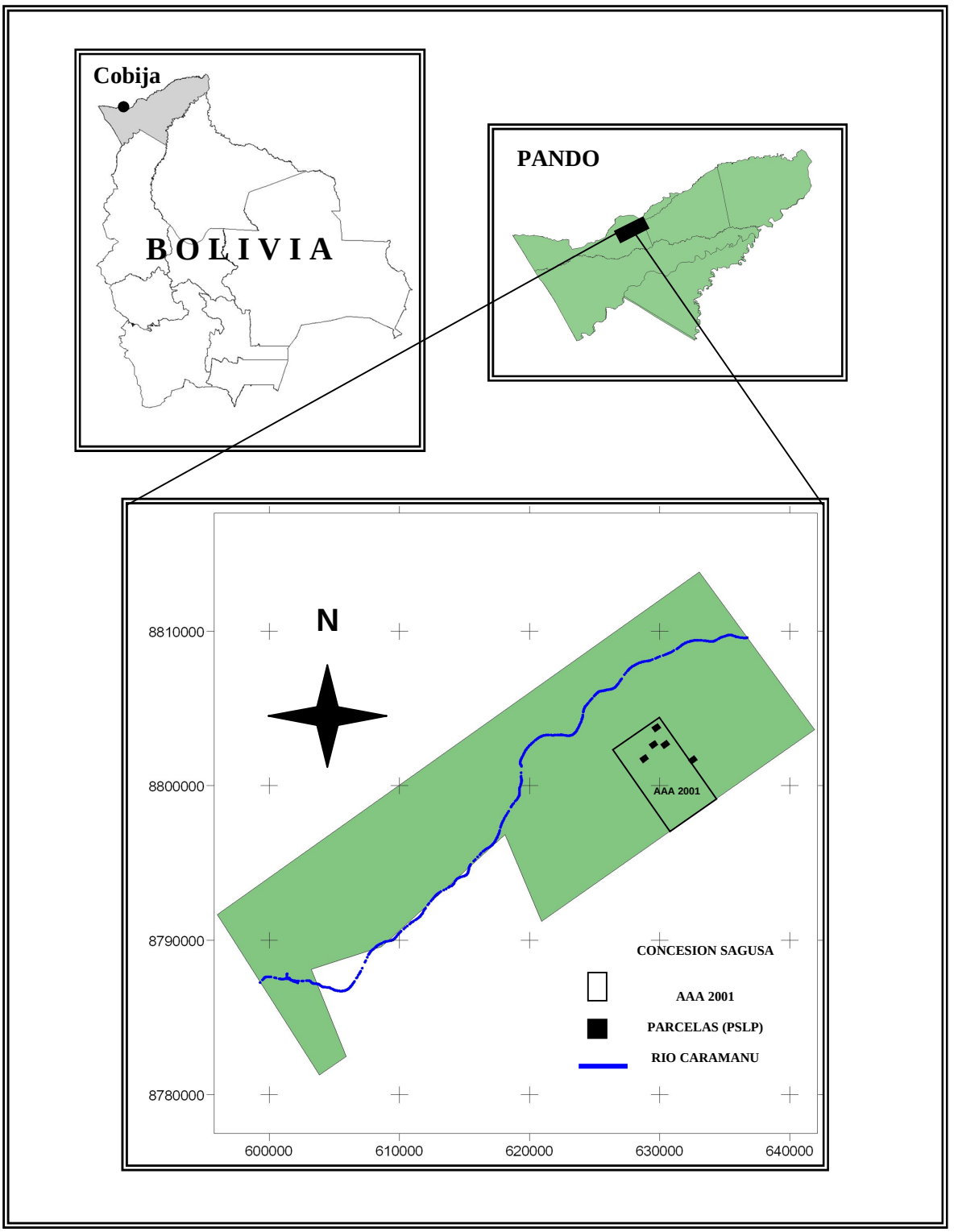


Figura 1. Ubicación de la concesión forestal SAGUSA y de las parcelas experimentales (PISLP).

El área está drenada por numerosos ríos que no tienen significancía para el uso productivo del bosque. Entre los más importantes están: el Karamanu de relativa consideración para el transporte fluvial, otros como el Coaba, el arroyo Yuca y arroyo Negro (Solíz, 2004).

De acuerdo al mapa de vegetación de Bolivia, esta región pertenece a un Bosque amazónico de colinas del noroeste de Pando (Navarro y Ferreira, 2007). La cobertura es densa perennifolia ombrófila, de baja altura y no inundables, los bosques de esta región son los únicos de todo Bolivia que producen nueces de castaña (*Bertholletia excelsa*) y látex sintéticos (*Hevea brasiliensis*) (Santivañez y Mostacedo, 2007). De acuerdo a la clasificación realizada por ZONISIG/DHV (1997), el PLUS-Pando (1996) y la información del plan general de manejo de Sagusa (Solíz, 2004), la concesión presenta bosques altos y bosques medios en base a su altura total de dosel.

La fisonomía de estos bosque se caracteriza por la presencia de árboles emergentes que llegan a los 40 m. de altura con registros más frecuentes de: *Bertholletia excelsa* (castaña), *Couratari macrosperma* (bitumbo colorado), *Hymenaea parvifolia* (paquiocillo), *Hymenaea courbaril* (paquio), *Hevea brasiliensis* (siringa), *Brosimum utile* (quecho), *Terminalia amazonica* (verdolago), *Cariniana micrantha* (yesquero), *Apuleia leiocarpa* (almendrillo chico), *Parkia pendula* (toco colorado), *Dialium guianense* (tamarindo) y *Dipteryx odorata* (almendrillo grande). El estrato co-dominante e intermedio está conformado por árboles cuya altura es mayor a 10 y menor a 30 m, las especies más frecuentes son: *Tetragastris altisima*, *Iriartea deltoidea*, *Pseudolmedia laevis*, *Euterpe precatoria*, *Brosimum lactescens*, *Schlerolobium cf. rugosum*, *Iryanthera juruensis*, *Protium* sp., *Jessenia bataua* y *Pouteria* sp. En el estrato inferior las especies predominantes son: *Siparuna* sp., *Phenakospermum guyanense*, *Tetragastris altísima*, *Iriartea deltoidea*, *Siparuna cuspidata*, *Iryanthera juruensis*, *Oenocarpus mapora*, *Pseudolmedia laevis*, *Euterpe precatoria*, *Rinoreocarpus ulei*, *Protium* sp. y *Brosimum lactescens* entre otras, que alcanzan alturas inferiores a los 10 m. Por estas características y por su relieve se pude decir que pertenece a un bosque de tierra firme de peneplanicies y colinas.

Los suelos han sido clasificados como ultisoles, dentro del método de aproximación (FAO, 1980 citado por Solíz, 2004). La historia geológica y geomorfológica de Pando fue determinada por el basamento precámbrico del Escudo Brasilero, como al levantamiento que tuvo la cordillera de los

Andes, originándose la depresión amazónica en la cual se encuentra el departamento. Por lo tanto, el departamento de Pando está en la provincia fisiográfica de Llanura Chaco Beniana y el Escudo Precámbrico (ZONIZIG, 1997).

3.2 Diseño Experimental

Este estudio se realizó en las parcelas del Proyecto de Investigación Silvicultural a Largo Plazo (también denominadas "parcelas experimentales") que lleva a cabo el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) en diferentes tipos de bosques del país. Las parcelas experimentales han sido establecidas usando un diseño de bloques completamente aleatorio. Cada bloque contiene cuatro tratamientos o parcelas: tres tratamientos que representan sistemas silviculturales alternativos, y un tratamiento testigo no aprovechado (Testigo, Normal, Mejorado e Intensivo). Hasta la fecha se ha instalado en SAGUSA un bloque con cuatro tratamiento, con una superficie de 24 ha. El bloque en SAGUSA fue establecido en el AAA- 2001 de la empresa, usando para ello la información del censo comercial realizado por la empresa. De esta manera se aseguro que todas las parcelas tengan la misma densidad de árboles aprovechables, y tengan una topografía similar.

Las parcelas experimentales tienen un diseño anidado, quiere decir que se censan diferentes áreas de la parcela para diferentes clases de tamaño de árboles. Los árboles fueron censados de la siguiente manera: dap > 40 cm (subparcela A) en toda la parcela, dap entre 20 – 40 cm (subparcela B) en la mitad de la parcela y con dap entre 10 – 20 cm fueron inventariadas en cuatro parcelas de 1 ha. (subparcela C). Las palmeras se registraron en las diferentes subparcelas según su altura: las palmeras mayores a 12 m de altura en la subparcela A, las palmeras de 9 a 12 m de altura en la subparcela B y las de 6 a 9 m de altura en la subparcela C (Figura 2) (Toledo, *et al*., 2005).

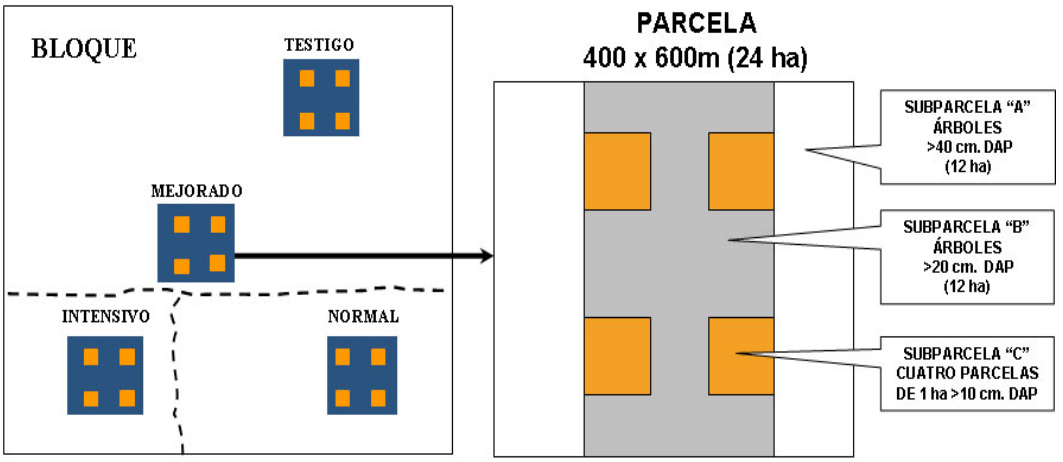


Figura 2. Diseño utilizado en las parcelas experimentales del Proyecto de Investigación Silvicultural a Largo Plazo. Se indican las diferentes parcelas y subparcelas utilizadas para el levantamiento de datos.

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

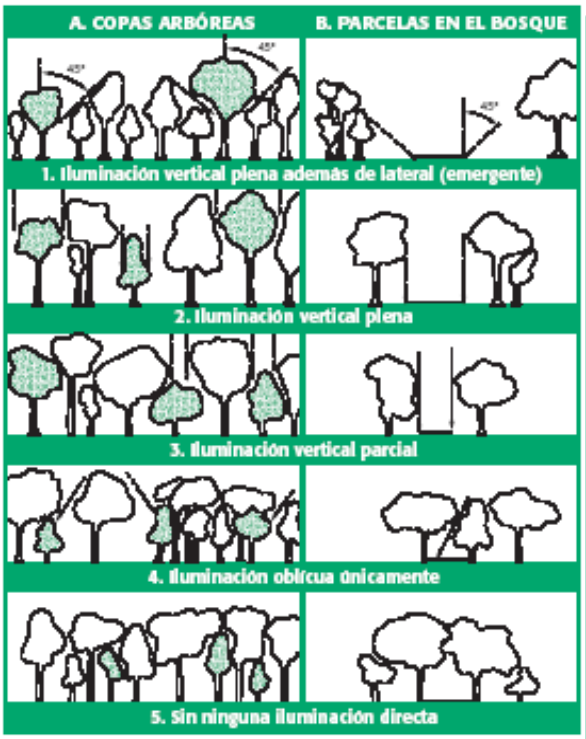
- **Tratamiento Testigo:** Esta parcela no recibe ningún tratamiento, pese a que se cortaron algunos bejucos en los árboles aprovechables durante el censo comercial realizado por la empresa en el AAA un año antes del aprovechamiento. Puesto que se usó el AAA previamente censado para ubicar el bloque, esta intrusión en el testigo fue inevitable. Típicamente, sólo habían 1 a 2 árboles comerciales por hectárea, y los trabajadores cortaron entre 1 a 4 bejucos en cada árbol.
- **Tratamiento Normal (*Aprovechamiento Normal):*** La parcela fue aprovechada de acuerdo al sistema actual de extracción de la 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 (50 cm y 70 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)*:** La parcela recibió todas las operaciones descritas en el tratamiento normal, y adicionalmente se le 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 mucha Silvicultura)***: La parcela con este tratamiento ha recibido todas las operaciones del tratamiento normal y mejorado, y adicionalmente se le aplicó los siguientes procedimientos: **(i)** Se realizó marcado adicional de AFC incluyendo a las especies de menor valor comercial o potenciales; **(j)** corte de bejucos y liberación de AFC 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 algunos individuos no comerciales con DAP mayor a 40 cm (1-5 árboles por ha), escarificación intencional del suelo en claros de aprovechamiento usando "skidder", en el momento de la extracción de las troncas.

3.3 Descripción de las variables registradas en las parcelas experimentales

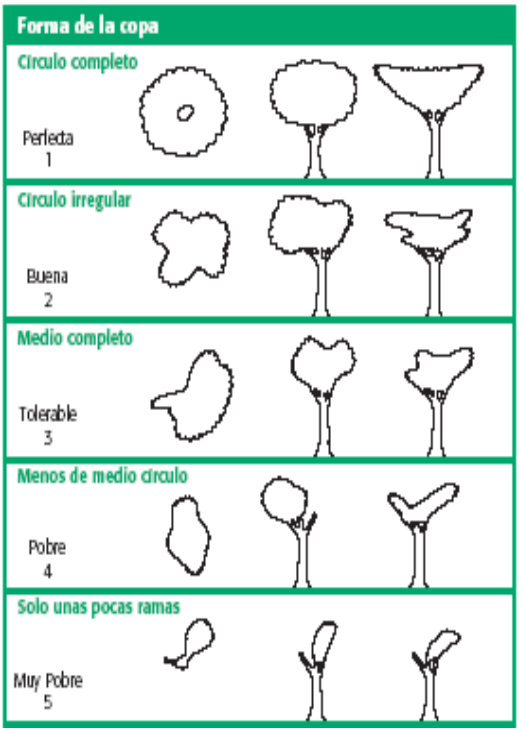
A continuación se detalla las variables que fueron registradas durante el establecimiento de las parcelas (2003) y en las remediciones siguientes (2004 y 2005), en formularios diseñados por el IBIF (Toledo, *et al*., 2005). Para cada árbol se registro el nombre común de la especie; DAP (diámetro a la altura del pecho a 1,30 m del nivel del suelo; la altura de medición del DAP; calidad de fuste: **1** fuste sano, **2** fuste torcido y **3** fuste defectuoso; altura total estimado; posición de copa: **1** emergente, **2** plena iluminación superior, **3** alguna iluminación superior, **4** alguna luz lateral y **5** ausencia de luz (Figura 3) y forma de copa: **1** perfecta, **2** buena, **3** tolerable, **4** pobre y **5** muy pobre (Figura 4); ambos modificados de Dawkins (1958); infestación de bejucos (Lowew y Walkey, 1997): **1** árbol libre de bejucos**, 2** bejucos presentes solamente en el fuste, la copa está

exenta, **3** presencia de bejucos en el fuste y la copa, pero no afectan el crecimiento terminal y **4** la totalidad de copa cubierta por bejucos y el crecimiento terminal seriamente afectado (Figura 5); porcentaje de infestación de bejucos en la copa; estado sanitario del árbol: **AP** parado o en pie, **AI** inclinado, **AC** caído, **AE** estrangulado por bejucos, **AR** roto o quebrado y **ADA** árbol dañado por aprovechamiento; estado sanitario del fuste: **FS** sano, **FQ** quemado, **Fhu** fuste hueco, **FI** atacado por insectos **FH** ataque de hongos o podrido; y observaciones adicionales. Asimismo cada árbol censado recibió una placa que está compuesta por el número del bloque, tratamiento y el número del árbol, y que representa un número único.



Fuente: Manzanero y Pinelo, (2004), adaptado de Huchinson, (1993).

Figura 3. Categorías de posición de copa. Estas categorías están relacionadas con el grado de iluminación (variables Dawkins modificado).



Fuente: Pinelo, (2000), adaptado de Synnott, (1991).

Figura 4. Categorías de forma de copa (variables Dawkins modificado).

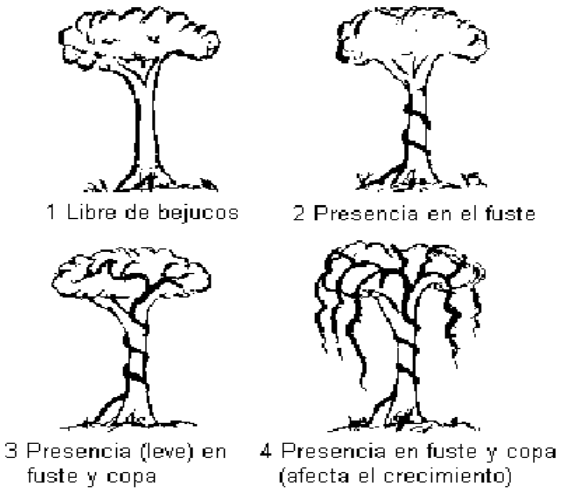


Figura 5. Clases de grados de infestación de bejucos (IB).

3.4 Análisis de Datos

3.4.1 Composición florística y estructura del bosque

Para el análisis de la composición florística y estructura horizontal se utilizó los datos de las subparcelas "C" de una hectárea, un total de 16 subparcelas (4 tratamientos x 4 subparcelas de 1 ha). Para determinar los tipos de vegetación con relación a su composición florística se utilizó, un análisis de correspondencia (DCA), en función a la riqueza (numero de especies) y abundancia de especies, con un nivel subjetivo de confiabilidad de 60% (o criterio de cese de función). Para el análisis se utilizó el programa PCORD, Versión 3.0.

Para definir el índice de valor de importancia (IVI) de cada especie, se obtuvo la sumatoria de los valores relativos de frecuencia, abundancia y dominancia (Curtis y Mc Intosh, 1950; citado por Camacho, 1997). Para calcular la abundancia relativa por especie se utilizó la siguiente ecuación:

$Ar = Ai / \sum A \times 100$

Donde:

Ar = Abundancia relativa,

Ai = Abundancia absoluta de la especie i,

∑A = Abundancia total de las especies.

Para la frecuencia relativa se utilizó la siguiente ecuación:

Fr = (fi/∑F) x 100

Donde:

Fr = Frecuencia relativa para cada especie,

Fi = Frecuencia absoluta de la especie i de cada especie en las parcela,

∑F = Número total de frecuencias absolutas para todas las especies.

Para determinar la dominancia de las especies, se utilizó la siguiente fórmula:

Dr = (∑ABi/∑AB) x 100

Donde:

AB = Area basal

Dr = Dominancia relativa para cada especie,

∑ABi = Sumatoria del área basal de la especie i,

∑AB = Sumatoria total de las áreas básales de todas las especies.

El área basal se calculó mediante el DAP, donde:

AB = Pi/4 x dap^2.

Al mismo tiempo se calculó el porcentaje de individuos en cada una de las categorías utilizadas para caracterizar la posición de copa, forma de copa e infestación de bejucos por especie (Uslar, *et al*., 2004).

3.4.2 Dinámica del bosque

Para evaluar la dinámica del bosque se tomaron encuenta todos los datos registrados en cada tratamiento de 24 hectáreas.

La tasa de crecimiento fue calculada para cada individuo, usando una regresión lineal entre diámetro medido en las diferentes mediciones (variable dependiente) y las fechas de las mediciones (variables independientes). La pendiente de la regresión corresponde a la tasa de

incremento diamétrico por día, la cual se multiplicó por 365 días para obtener la tasa de incremento diamétrico por año (Poorter *et al*., 2001). Posteriormente se promedió el crecimiento diamétrico por tratamiento, especie, categoría de posición de copa, forma de copa, infestación de bejucos. Posteriormente se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANDEVA) al 95% de confianza para determinar si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos y entre las diferentes categorías de las variables evaluadas.

La tasa anual de mortalidad y reclutamiento se calculó en base a las subparcelas de 1 ha (4 subparcelas por tratamiento), se utilizó para el calculó la siguientes ecuaciones (Nebel, *et al*., 2001; Losos y Loo, 2004):

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

$t_r = (\ln(N_0 - N_m + N_r) - l_n(N_0 - N_m))/\Delta t$

Donde:

t_m = Tasa de mortalidad,

t_r = Tasa de reclutamiento,

Δt = Diferencia entre dos periodos de medición,

ln = Logaritmo natural

N_0 = Número de individuos al comienzo del periodo Δt,

N_m = Número de individuos muertos en una determinada área,

N_r = Individuos que fueron reclutados en las diferentes categorías diamétricas durante el periodo Δt,

Posteriormente para examinar la variación entre periodos de evaluación se realizó un análisis de t pareada, tanto para mortalidad y reclutamiento, utilizando el programa estadístico Infostat® ver. 2007.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Composición y riqueza florística

El inventario de las 16 ha de subparcelas experimentales de SAGUSA registró 209 especies arbóreas mayores a 10 cm de DAP correspondientes a 47 familias. Las familias más diversas en términos de especies fueron: Leguminosae con 33 especies, Moraceae con 25 especies, Arecaceae con 11 y Sapotaceae con 7 especies (Anexo 1). La riqueza florística o número de especies promedió por ha es 91. Esta alcanza su mayor valor en la parcela 10 y en la parcela 5 con 113 y 108 especies por ha, respectivamente. Los valores inferiores de riqueza se registran en las parcelas 3 y 6 con 80 especies por hectárea (Cuadro 1). Estos valores guardan relación con otros estudios realizados en los bosques amazónicos. Balcázar *et al*., (2001) registraron valores similares en cuanto a riqueza en las provincias Manuripi, (localidades de Sacrificio, Conquista y Península), Madre de Dios (localidad de San Juan) y Federico Román (localidad Cachuela el Carmen). Otro estudio realizado en la reserva ecológica El Tigre, ubicada a 50 km al este de Riberalta, también encontró valores similares de especies (Poorter, *et al*. 2001). En Alto Ivón se registraron 94 especies (Boom, 1986), y en el municipio de Ixiamas en las ASLs: Copacabana, San Antonio, Siete Palmas, Caoba, y Candelaria reportaron de 82 a 104 especies por hectárea (Balcázar, 2003).

Cuadro 1. Características de cada subparcela de 1 ha dentro de las parcelas experimentales de un bosque amazónico de Pando, Bolivia. Se presentan datos de densidad, área basal y riqueza florística a partir de 10 cm de DAP.

PPM	Densidad (N/ha)	Área basal (m^2/ha)	Riqueza (#sp/ha)	# Genero/ha	# Familia/ha	# Desconocidos
1	430	24,34	86	67	33	6
2	365	16,69	87	66	34	6
3	462	23,56	80	64	32	7
4	492	21,90	94	75	37	8
5	497	19,59	108	77	37	7
6	327	18,50	80	63	32	6
7	456	19,98	93	68	36	6
8	444	18,70	95	66	29	6
9	357	12,43	87	69	31	5
10	441	18,35	113	84	36	11
11	464	19,36	91	72	33	9
12	470	23,85	90	68	34	5
13	414	17,93	92	71	34	7
14	286	11,45	86	62	32	8
15	399	15,09	90	67	34	1
16	446	19,12	85	65	32	3
Total en 16/ha	**6750**		**206**	**120**	**47**	**28**
Promedio (ha) y EE	**422 (± 14,14)**	**18,80 (± 0,86)**	**91 (± 7,081)**	**69 (± 3,29)**	**34 (± 0,95)**	**6 (± 1,387)**

4.1.1 Tipos de Vegetación

Como producto del análisis DCA, las 16 subparcelas de 1 ha muestreadas se agruparon en 5 grupos diferentes en cuanto a su composición florística (Figura 6). La primera agrupación corresponde a las parcelas 1 y 2, una segunda diferenciación se da con las parcelas 5,7, 8, 10 y 13, otro grupo corresponde a las parcelas 6, 9, 14, 15 y 16, mientras que las parcelas 3 y 4 forman otro grupo y por último las parcelas 11 y 12 forman otro grupo de vegetación. Por lo tanto, se puede afirmar que existen grandes diferencias florísticas entre subparcelas de acuerdo al dendrograma.

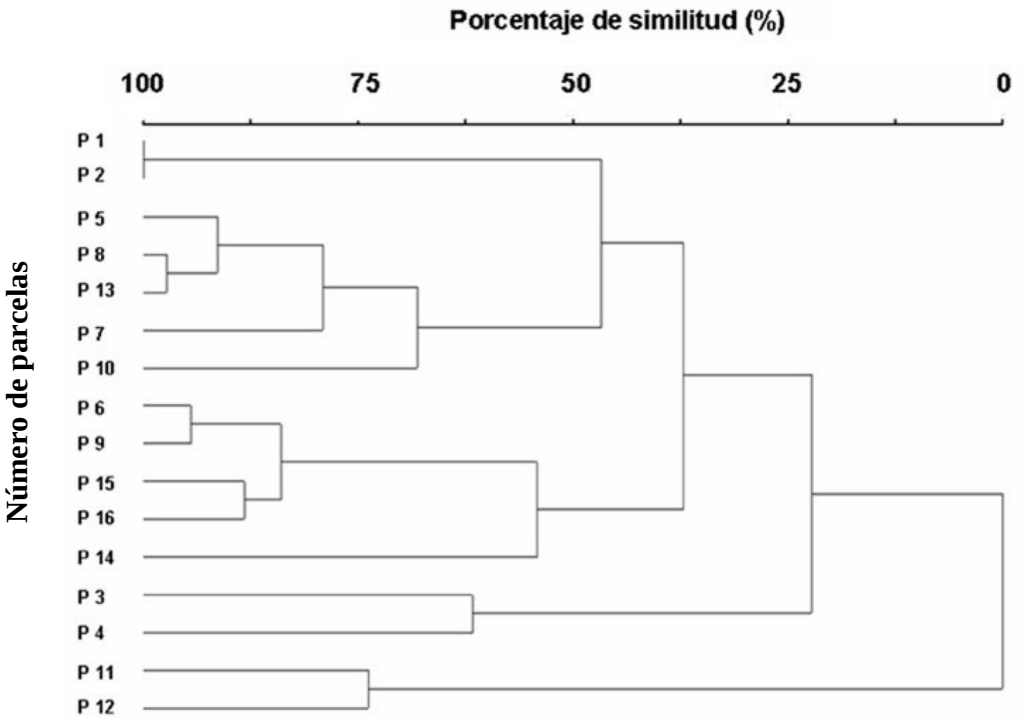


Figura 6. Dendrograma para separar las subparcelas en tipos de bosque mediante el método DCA. El análisis se hizo utilizando datos de la composición y abundancia de las especies de las parcelas muestreadas.

La interpretación de este dendrograma demuestra que en un mismo tipo de bosque puede haber diferencias muy significativas en cuanto a la composición florística. Una mayoría de las variaciones fisionómicas o florísticas notables de la vegetación responden en primer término a variaciones edáficas o topográficas, siendo que el clima sólo marca diferencias muy generales en las masas vegetales (Sarukhan y Hernandez, 1970; Malleux, 1974). Aparentemente todas las especies forestales requieren de un hábitat particular, que en algunos casos es de carácter muy específico. A medida que las condiciones edáficas son más benevolentes (mejor drenaje, más nutrientes) la flora es proporcionalmente más compleja y heterogénea. Por otro lado a medida que se presentan mayores limitaciones existe un menor coeficiente de mezcla de las especies, es decir que el bosque se hace más homogéneo (Malleux, 1974).

4.1.2 Relación área especie

El incremento de especies por área muestreada se expresa en la Figura 7, la cual demuestra que con el muestreo realizado en 16 ha en el área de SAGUSA, casi se alcanzó el punto de inflexión con 206 especies registradas. Esto quiere decir que el área muestreada para esta zona de estudio fue el adecuado para obtener una buena estimación del número total de especies que existen en el área. Otros estudios realizados en la zona no alcanzaron este punto de inflexión entre el área muestreada y el nómero de especies (p.e., Balcazar y Montero, 2001), lo que sugiere que el número de especies que reportan estos estudios es una subestimación del número de especies total.

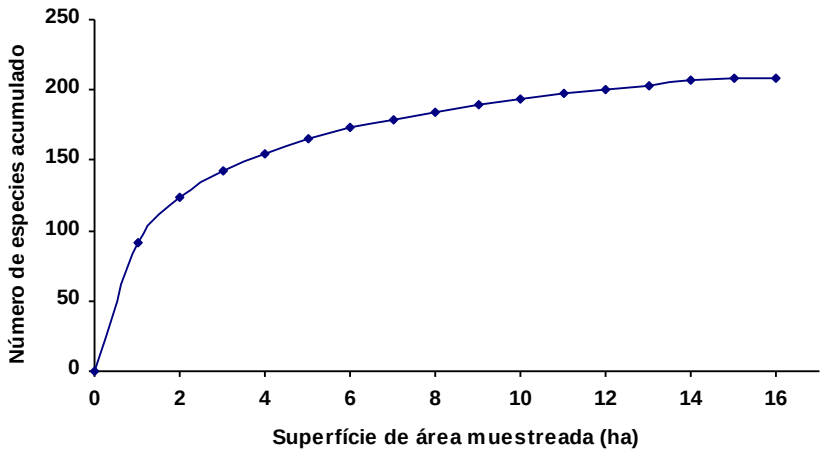


Figura 7. Curva área/especie registradas en 16 parcelas de una hectárea en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA), mayores a 10cm de DAP.

4.1.3 Importancia ecológica de las especies

La importancia ecológica de las especies fue estimada a través del Indice de Valor de Importancia (IVI). Con base en este parámetro se encontró el peso ecológico aportado por cada especie, cuya distribución porcentual en orden de importancia es la siguiente: quecho amarillo (10,58% *Brosimum* sp), nui (9,02% *Pseudolmedia lavéis*), asai (8,98% *Euterpe predatoria*), coloradillo (8,90% *Hirtella bicornis*), palo santo colorado *(*7,53% *Sclerolobium paniculatum),* tamarindo (6,96% *Dialium guianense*), isigo blanco *(*6,56% *(Protium carnosum).* El Cuadro 2 presenta los valores para las 20 especies más importantes. Debe notarse que aproximadamente 1/3 del IVI total sólo esta conformado por estas especies del Cuadro 2. El Anexo 1 presenta el valor de IVI para todas las especies. Algunas especies tienen un alto valor de IVI debido a su dominancia,

como es el caso del tamarindo *(Dialium guianense)* y palo santo colorado *(Sclerolobium paniculatum)*. Por otro lado, otras especies tienen un alto valor de IVI por su abundancia como el quecho amarillo *(Brosimum* sp*)*, nui *(Pseudolmedia laevis)* y asaí *(Euterpe predatoria)* (ver Anexo 1).

Las especies que alcanzaron mayor valor de IVI, junto a *Iryanthera juruensis, Pseudolmedia macrophylla, Socratea exorrhiza* y *Tetragastris altisima* son igualmente mencionadas por los autores Balcazar, *et al*., (2001), Poorter, (2001), Smith y Killeen, (1998), Ayres, (1995) y Boom, (1986) como especies muy importantes en los bosques amazónicos. Asimismo, es característico de estos bosques que las especies con mayores IVI sean pocas (Campbell, *et al*., 1986), pero la dominancia no es muy fuerte en este tipo de bosque ya que existen una gran diversidad especies.

Cuadro 2. Lista de las 20 especies con mayor valor del IVI y área basal por hectárea en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Las especies están ordenadas según el IVI. Grupo comercial (V: especies valiosas; PV: especies poco valiosas; NV: especies no valiosas).

Nombre común	Especie	Grupo comercial	IVI	Área basal (m^2/ha)
quecho amarillo	*Brosimum* sp.	NV	10,58	0,819
nui	*Pseudolmedia laevis*	NV	9,02	0,534
asai	*Euterpe precatoria*	NV	8,98	0,417
coloradillo	*Hirtella bicornis*	NV	8,90	0,653
isigo colorado	*Tetragastris altissima*	NV	7,53	0,652
palo santo colorado	*Sclerolobium paniculatum*	NV	7,37	0,700
tamarindo	*Dialium guianense*	NV	6,96	0,788
isigo blanco	*Protium carnosum*	NV	6,56	0,433
pata de anta	*Metrodorea* sp.	NV	6,35	0,355
coquino	*Pouteria* sp.	NV	5,93	0,542
siringa	*Hevea brasiliensis*	V	5,55	0,609
desconocido		NV	4,29	0,282
almendrillo chico	*Apuleia leiocarpa*	V	4,29	0,497
pata de antita	*Galipea* sp.	NV	4,29	0,150
fariña seca	*Celtis schippii*	NV	4,04	0,270
castaña	*Bertholletia excelsa*	V	4,01	0,510
isiguillo	*Protium sagotianum*	NV	3,98	0,185
piton	*Talisia* sp.	NV	3,67	0,173
murure	*Clarisia racemosa*	PV	3,62	0,300
sapito	*Micropholis* sp.	NV	3,61	0,166
otras especies			180,33	9,767
Total			**300,00**	**18,802**

4.2 Estructura horizontal del bosque

4.2.1 Densidad y área basal por clases diamétricas

La densidad mas alta de árboles con DAP > 10 cm se registraron en las subparcelas 4 y 5 con 492 y 497 de individuos/ha, respectivamente. La menor densidad fue encontrada en las parcelas 6 y 14 con 327 y 286 individuos/ha, respectivamente. La estructura de la población muestra una distribución negativa exponencial o un patrón de "J" invertida, con muchos árboles pequeños en las clases diamétricas menores, y una disminución continua en frecuencia para las clases mayores de tamaño (Figura 8). En las categorías de 10-20 con se encontró una densidad promedio de 278 ha(EE ± 0,198), mientras que en la categoría mayor ≥ 90cm se encontró una densidad promedio de 1,25/ha. (EE ±0,222).

El área basal promedio es de 18,8 m²/ha. Tiene el mismo patrón que la distribución de la población donde se puede observar que la mayor cantidad de área basal se presenta en las clases diamétricas de 10-20 con un promedio de 4,52 m²/ha (EE ±0,198). La clase diamétrica con árboles mayores a 90 cm de DAP solo presenta una área basal promedio de 1,23 m²/ha. (EE ±0,222) (Figura 9).

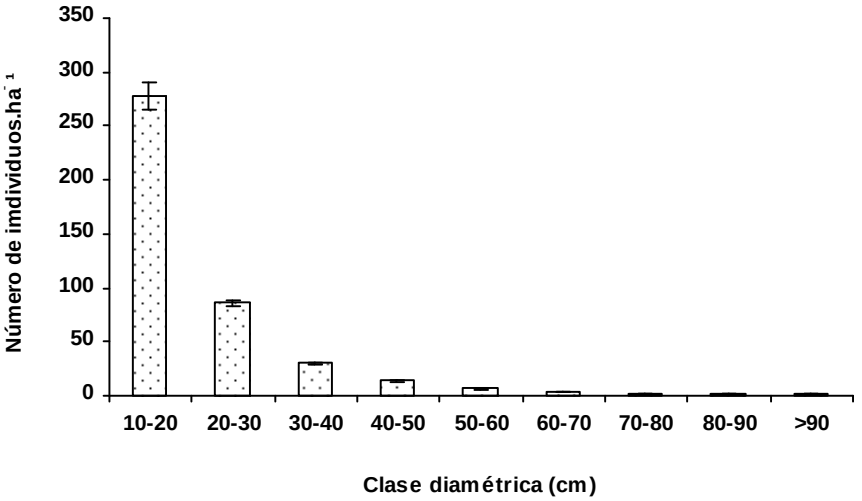


Figura 8. Distribución de árboles por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Los datos son promedios por ha (error estándar), y están basado en 16 subparcelas de 1 ha cada una.

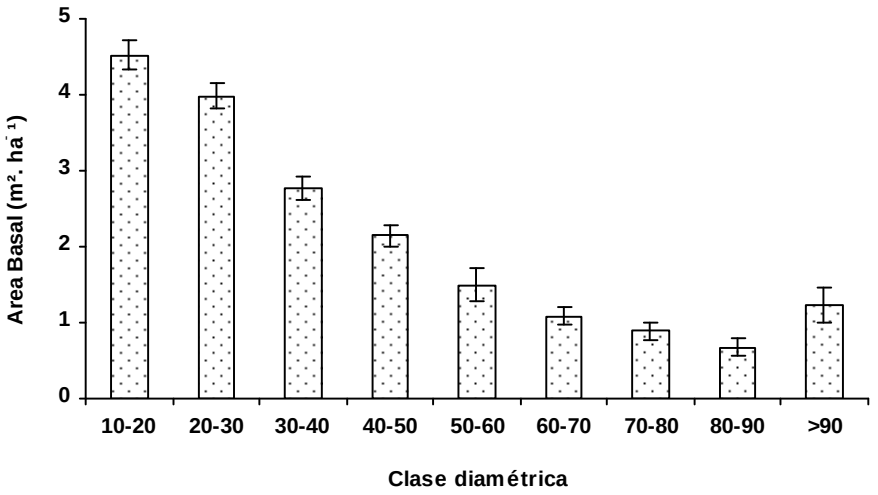


Figura 9. Distribución del área basal promedio por ha por clase diamétrica, en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Los datos son promedios por ha (error estándar), y están basado en 16 subparcelas de 1 ha cada una.

4.2.2 Porcentaje de árboles por posición de copa, forma de copa e infestación de bejucos.

4.2.2.1 Posición de Copa

Con respecto a la posición de copa o exposición lumínica se observa que el mayor porcentaje de árboles (35,9%) reciben una cierta luz vertical (categoría 3), mientras que sólo el 11% de los árboles son emergentes (categoría 1) o no reciben luz directa (10,28%, categoría 5) (Figura 10).Si se agrupa los árboles en aquellas categorías que indican una menor exposición a la luz (categoría 3, 4 y 5) se tiene que el 74,1% de los individuos se encuentran en estas condiciones de luz, y que solo el 25,8 % reciben completa luz directa vertical y lateral (categoría 1 y 2). Comparando con un estudio realizado en un bosque Chiquitano (Ortiz, 1999), se encontró que los valores registrados no son similares. Estas diferencias probablemente se debe a que el bosque Chiquitano es un bosque más abierto, y por lo tanto, los árboles reciben mucha más luz que en bosque amazónico.

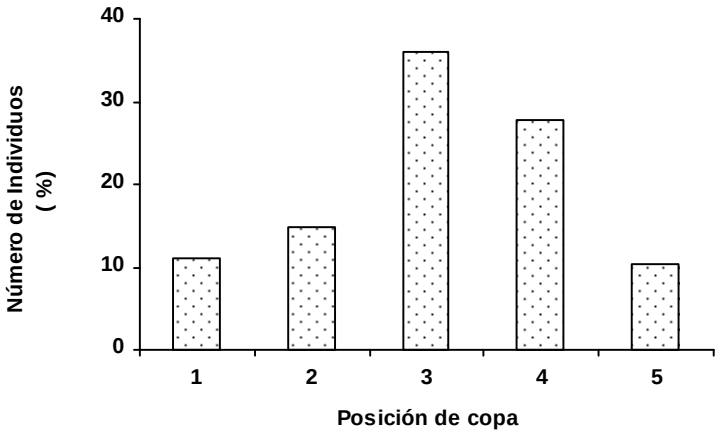


Figura 10. Porcentaje de individuos en cada categoría de posición de copa: (1) plena luz vertical y lateral, (2) plena luz vertical, (3) cierta luz vertical, (4) cierta luz lateral y (5) sin luz directa.

4.2.2.2 Forma de copa

Los árboles con copas perfectas (categoría 1) representan el 21,4%, de los individuos, mientras que los árboles con una copa tolerante (categoría 3) representan el 37,8% de la población y los árboles con una copa buena (categoría 2) representan el 28,4%. El menor porcentaje lo representan los árboles de copa muy pobres (categoría 5) (Figura 11). La gran cantidad de individuos que presentan copas tolerantes, se debe a que los individuos se encuentran entre las clases diamétrias de 10 a 30 cm de DAP.

La forma de copa es un parámetro muy importante para entender los cambios que se pueden suscitar debido a las actividades del aprovechamiento forestal. En un bosque Chiquitano se encontró resultados muy diferentes con 1,5%, de árboles con copas perfectas (categoría 1), el 65,9% con copas tolerables (categoría 3) y el 4,4% de los árboles con copas muy pobres (categoría 5) (Ortiz, 1999). La diferencia puede deberse a que el bosque Chiquitano es más abierto, y por lo tanto, las copas están más expuestas a daño por el viento.

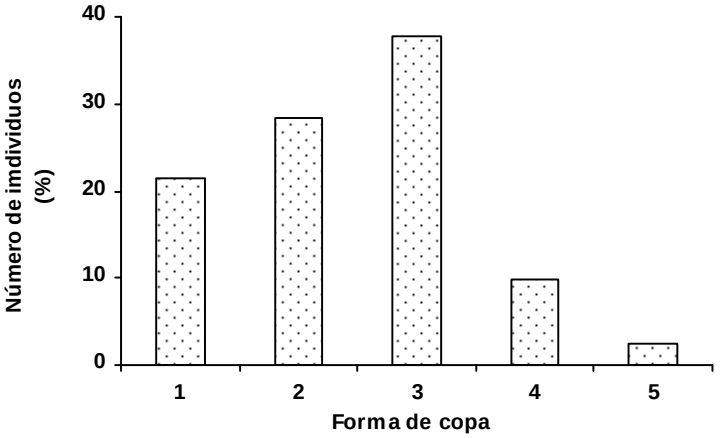


Figura 11. Porcentaje de individuos en cada categoría de forma de copa: (1) perfecta, (2) buena, (3) tolerante, (4) pobre y (5) muy pobre. En un bosque Amazónico de Pando

4.2.2.3 Infestación de bejucos

La presencia de lianas fue otro parámetro evaluado, considerando 4 grados de infestación de lianas en un árbol. El 47% de la población está constituida con árboles libres de bejucos y solo el 6,7 % de los árboles están infestados por bejucos que afectan su crecimiento de una u otra manera (Figura 12). Las apreciaciones de la presencia de lianas en este tipo de bosque, registran que el 53 % de los individuos infestados por lianas (categoría 2, 3 y 4) y el 47% de individuos son libres de bejucos (categoría 1). En un bosque de Transición Chiquitano Amazónico, se encontró aproximadamente que el 86.3 % de los árboles > 10 cm DAP presentaron bejucos (Pérez, *et al*., 2001; BOLFOR, *et al*., 1998). En un bosque Seco Semideciduo el 75% de los árboles mostraron algún grado de infestación (Uslar, *et al*., 2004). Esta frecuencia de infestación es mucho mayor en comparación al presente estudio. Otros estudios realizados sobre árboles infestados de bejucos en un bosque Chiquitano reporta el 35% (Barba, 1998) y 56,7% (Ortiz, 1999). En un bosque tropical de Venezuela, la frecuencia de infestación de árboles por bejucos fue estimada en 42.1 % (Putz, 1983) y en un bosque de Panamá entre 32-50 % (Knight, 1975; Putz, 1984). Una menor densidad del 20% de infestación de bejucos fue reportado en un bosque Preandino Amazónico (Balcázar, 2003).

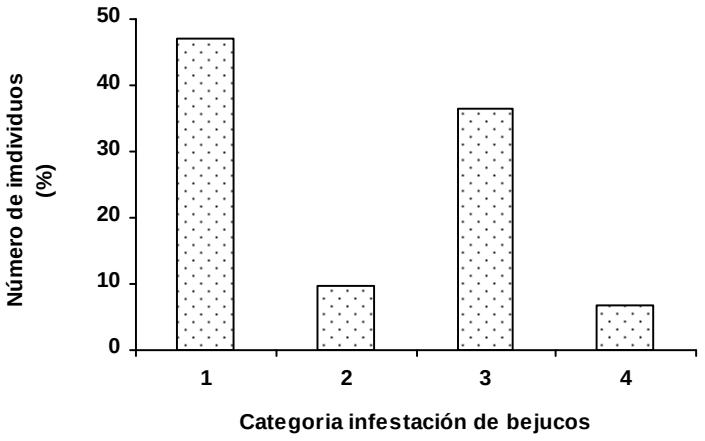


Figura 12. Porcentaje de individuos para cada categoría de infestación de bejucos: (1) Libre de bejucos, (2) presencia de bejucos en el fuste, (3) presencia leve de bejucos en el fuste y copa y (4) presencia completa de bejucos en el fuste y copa.

4.3 Dinámica del bosque

4.3.1 Tasa de crecimiento por clase díamétrica y tratamiento

El crecimiento promedio general para todas las especies, sin considerar el tipo de tratamiento, es de 0,41 cm/año (n = 11418, EE ± 0,01). La tasa de crecimiento promedio varía significativamente con el diámetro de los árboles (ANDEVA de dos vias: F = 77,02; P = <0,0001), y entre los tratamientos aplicados (ANDEVA de dos vias: F = 6,95; P = <0,0001). La tasa de crecimiento es mayor en la clase diamétrica de 60-70 cm, y menor crecimiento en la clase diamétrica de 10-20 cm (Figura 13). El tratamiento testigo muestra la mayor tasa de crecimiento (0,43 cm/año) mientras que el tratamiento mejorado tuvo la menor tasa (0,38 cm/año). Los tratamientos normal e intensivo mostraron tasas de crecimiento intermediarias (Figura 14). El crecimiento varia con el tratamiento por clase diamétrica (ANDEVA de dos vías, interacción clase diamétrica por tratamiento: F = 2,37; P = < 0,0009), siendo que las únicas clases diamétricas donde existen diferencias significativas entre tratamientos son las de 30-40 cm y 40-50 cm (Cuadro 3). En estas la tasa de crecimiento es menor en el tratamiento intensivo y mayor en el tratamiento testigo.

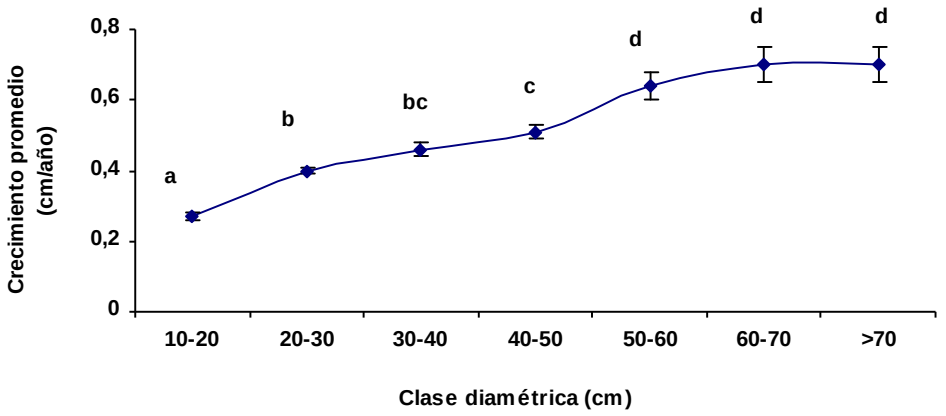


Figura 13. Crecimiento anual de los árboles por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE.

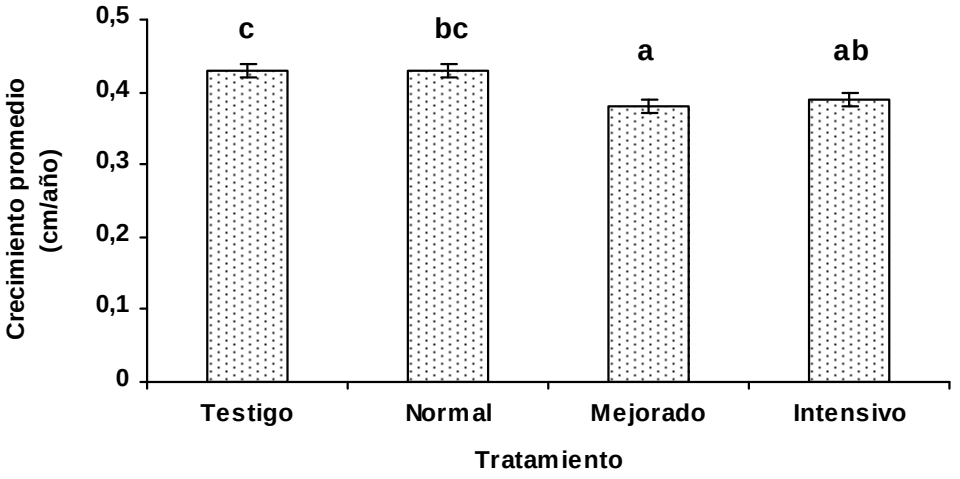


Figura 14. Crecimiento anual de los árboles por tratamiento en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE.

Cuadro 3. Crecimiento por clases diamétricas y tratamiento (Testigo, Normal, Mejorado e Intensivo) para todas las especies en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Las letras diferentes significan diferencias significativas entre tratamiento en una determinada clase diamétrica. Datos son promedio (EE).

Clase Diamétrica	Testigo	Normal	Mejorado	Intensivo	F	P
10-20	0,27 (0,02) a	0,28 (0,01) a	0,28 (0,02) a	0,27 (0,01) a	0,25	0,8646
20-30	0,44 (0,02) a	0,42 (0,02) a	0,38 (0,02) a	0,38 (0,02) a	2,02	0,1082
30-40	0,55 (0,04) b	0,46 (0,03) ab	0,43 (0,03) ab	0,41 (0,03) a	3,24	**0,0215**
40-50	0,57 (0,04) b	0,6 (0,04) b	0,46 (0,04) ab	0,43 (0,03) a	4,96	**0,002**
50-60	0,69 (0,08) a	0,78 (0,09) a	0,56 (0,05) a	0,56 (0,06) a	2,19	0,0879
60-70	0,71 (0,09) a	0,79 (0,12) a	0,68 (0,09) a	0,66 (0,10) a	0,28	0,8366
>70	0,61 (0,61) a	0,83 (0,83) a	0,57 (0,57) a	0,83 (0,83) a	2,10	0,1004

En general las tasas de crecimiento de árboles en varios sitios de la región Amazónica (Poorter, *et al*., 2001; Dauber, *et al*, 2003, 2005) obtuvieron valores inferiores en comparación al presente estudio. En otras regiones de Bolivia, las tasas de crecimiento son menores, como es el caso en la región de la Chiquitania (Dauber, *et al*., 2005, Mostacedo, *et al*., 2006; Murphy y Lugo, 1986 citado por Mostacedo, *et al*., 2006, Uslar, 2004 y Valerio, 1997), Transición Chiquitana Amazonica (Araujo, 2002, Dauber, *et al*., 2003, Mostacedo, *et al*., 2006 pero ver Blate, 2005). Valores similares de crecimiento se obtuvieron en un bosque de Bajo Paraguá (IBIF, 2006a, IBIF, 2006b) y en bosques más húmedos (Nebel *et al*., 2001; Valerio 1997). Estos resultados demuestran que las diferentes ecoregiones del país tienen diferentes tasas de crecimiento que deben ser tomadas muy en cuenta en las decisiones de manejo que se tomen. Las diferencias encontradas probablemente se deben a condiciones climáticas (temperatura, precipitación, humedad), suelos u otros factores (Wadsworth, 2000; Phillips y Gentry, 1994; Clark y Clark, 1994). En cuanto a las tasas de crecimiento por clases diamétricas varios autores encontraron el mismo patrón de crecimiento, en el que las clases diamétricas menores tienen un menor crecimiento y las clases mayores tienen mayor crecimiento (Mostacedo, *et al*., 2006; IBIF, 2006a; IBIF, 2006b; Fessy, 2005 sin publicar; Brienen y Zuidema, 2003; Brienen, *et al*., 2003).

El crecimiento diamétrico es muy variable tanto entre especies como entre clases diamétricas. Veillon (1985) considera que el crecimiento medio de las diferentes clases diamétricas presentan una variedad de casos y que no hay una regla general. Frecuentemente el crecimiento diametrico es menor en las clases diamétricas menores porque estas clases contiene muchos árboles suprimidos o dominados en su desarrollo (Linera, 1996).

Los diferentes tratamientos aplicados tuvieron un efecto diferente al esperado en términos de crecimiento diamétrico. En el caso de SAGUSA el tratamiento intensivo tuvo una tasa de incremento intermedia, mientras que se esperaba que tuviera la mayor tasa de crecimiento debido a la apertura del dosel causada por el aprovechamiento. Este tipo de resultados ha sido encontrado en otros tipos de bosques en Bolivia, como ser el bosque de Transición Chiquitano Amazónico, Bosque Chiquitano y en un bosque del Bajo Paraguá donde se aplicaron los mismos tratamientos, que reportaron un mayor crecimiento en el tratamiento intensivo (Mostacedo, *et al*., 2006, IBIF, 2006a; IBIF, 2006b; Blater, 2005), así como en bosques de otros países (Linera, 1996, Camacho y Finegan, 1997). Los resultados encontrados en SAGUSA, tal vez se deban a las condiciones de sitio y el tipo de bosque que presentan el tratamiento testigo. Este tratamiento se encuentra en las orillas de un rio y en la época de lluvia se inunda parcialmente, dando lugar a un bosque ribereño inundables temporalmente. Los bosques inundables son más ricos en minerales por la sedimentación que traen estos ríos, y tienen probablemente un mayor contenido de humedad que los bosques no inundables (como son los demás intensivo, normal y mejorado).

Si comparamos la tasa de crecimiento para los diferentes tratamientos por especie, se puede observar que el tratamiento intensivo si tuvo un efecto deseado en el crecimiento en algunas especies valiosas. Por ejemplo, el crecimiento en el intensivo es 67% mayor que en el testigo para las especies de castaña, cedro, cuta, tajibo amarillo, tajibo negro y roble, y es 35% mayor en las especies de serebó, toco blanco y toco colorado (Anexo 2).

4.3.2 Tasa de crecimiento por posición de copa y tratamiento.

La tasa de crecimiento varia con la posición de copa (ANDEVA de dos vías, F = 257,26; P = <0,0001) y con el tratamiento (ANDEVA de dos vías, F = 4,54; P = <0,0035). El mayor crecimiento promedio se da en los árboles emergentes (0,72 cm/año) y el menor crecimiento en

los árboles que sin luz directa o lateral (0,16 cm/año) (Figura 15). El mayor crecimiento fue encontrado nuevamente en el tratamiento testigo, mientras que el menor crecimiento en el tratamiento intensivo. La tasa de crecimiento es influenciada por tratamiento y posición de copa en tres de las cinco categorías de posición de copa (Cuadro 4), que corresponden a árboles que reciben luz vertical directa total o parcialmente. Los árboles que sólo reciben luz lateral o que no reciben luz directa tienen las mismas tasas de crecimiento en todos los tratamientos (Cuadro 4) (Anexo3).

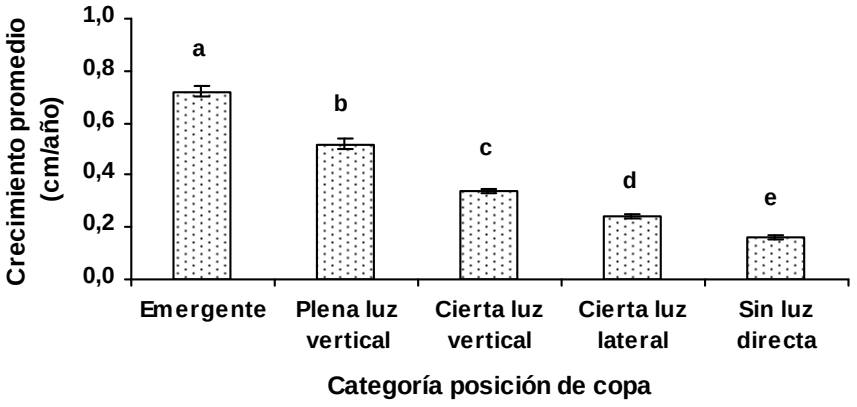


Figura 15. Crecimiento por posición de copa para todas las especies de un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE.

Cuadro 4. Crecimiento por posición de copa y por tratamiento para todas las especies de un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas entre tratamientos. Datos son promedio (EE).

Categoría posición de copa	Testigo	Normal	Mejorado	Intensivo	F	P
Emergentes (1)	0,82 (0,04) c	0,78 (0,04) bc	0,67 (0,04) ab	0,61 (0,04) a	6,43	**0,0002**
Plena luz vertical (2)	0,60 (0,04) b	0,56 (0,03) ab	0,47 (0,03) a	0,48 (0,03) a	3,83	**0,0095**
Cierta luz vertical (3)	0,38 (0,02) b	0,32 (0,01) a	0,33 (0,02) ab	0,34 (0,01) ab	2,77	**0,0410**
Cierta luz lateral (4)	0,22 (0,02) a	0,23 (0,02) a	0,26 (0,02) a	0,25 (0,01) a	1,65	0,1748
Sin luz directa (5)	0,14 (0,02) a	0,16 (0,01) a	0,21 (0,03) a	0,15 (0,02) a	2,29	0,0766

En general diversos estudios encontraron que a mayor grado de iluminación mayor tasa de crecimiento (para la amazonia: Poorter, *et al*., 200, Dauber, *et al*, 2003, para otras regiones de Bolivia, IBIF, 2006a y Dauber, *et al*., 2003 y Dauber, *et al*., 2005). Estos resultados muestran que la incidencia de la luz influye directamente en el crecimiento de los árboles, ya que estos realizan mayor fotosíntesis al tener mayor acceso a energía solar.

4.3.3 Tasa de crecimiento promedio de los árboles por forma de copa por tratamiento

La tasa de crecimiento varia con la forma de copa (ANDEVA de dos vías, F = 170,81, P = <0,0001) y no así entre tratamientos (ANDEVA de dos vías, F = 2,22; P = <0,0838). El crecimiento se va reduciendo a medida que la forma de copa va disminuyendo de calidad (Figura 16). Se puede ver claramente que la forma de copa influye directamente en el crecimiento de los árboles ya que árboles con copas tolerables a perfectas tienen una mayor área fotosintética, lo que resulta en un crecimiento rápido en el diámetro del tronco.

La tasa de crecimiento es influenciada por tratamiento en tres de las cinco categorías de forma de copa (Cuadro 5), que corresponden a árboles de copas perfectas, árboles con copa regular y árboles con copas tolerables. Los árboles con copa pobre y muy pobre tienen las mismas tasas de crecimiento en todos los tratamientos (Cuadro 5) (Anexo 4). El mayor crecimiento fue encontrado nuevamente en el tratamiento testigo para los árboles con copas perfectas (0,73 cm/año), mientras que el menor crecimiento fue encontrado en el tratamiento intensivo para los árboles con copas muy pobre (0,07 cm/año).

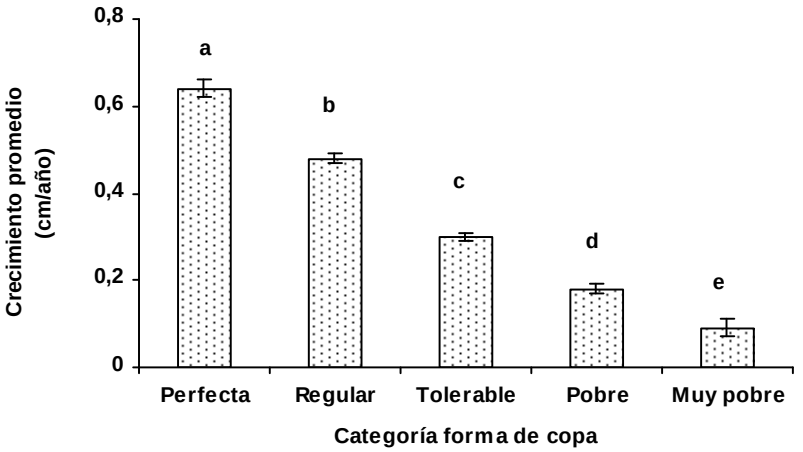


Figura 16. Crecimiento por categoría de forma de copa para todas las especies de un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE.

Cuadro 5. Crecimiento por forma de copa y por tratamientos para todas las especies de un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio (EE).

Categoría forma de copa	Testigo	Normal	Mejorado	Intensivo	F	P
Perfecta (1)	0,73 (0,04) b	0,71 (0,04) b	0,6 (0,03) ab	0,54 (0,03) a	6,99	**0,0001**
Regular (2)	0,52 (0,03) b	0,52 (0,02) b	0,47 (0,02) ab	0,42 (0,02) a	4,96	**0,0020**
Tolerable (3)	0,33 (0,02) b	0,3 (0,01) ab	0,28 (0,01) a	0,31 (0,01) ab	2,66	**0,0463**
Pobre (4)	0,14 (0,02) a	0,2 (0,03) a	0,21 (0,03) a	0,2 (0,03) a	2,06	0,1037
Muy pobre (5)	0,10 (0,04) a	0,1 (0,02) a	0,11 (0,06) a	0,07 (0,03) a	0,25	0,8582

Las tasas de crecimiento de árboles con relación a su forma de copa obtuvieron valores superiores a los encontrados anteriormente en SAGUSA y en IMAPA (Dauber, *et al*, 2003). En otras regiones de Bolivia, también encontraron valores inferiores como es el caso en la región de la Chiquitanía, Transición Chiquitana Amazónica y Preandino Amazónico (Dauber, *et al*., 2003), en comparación al presente estudio. Para comparar con otros estudios realizados en otros tipos de

bosque de Bolivia no hay muchos estudios que relacionen este factor de forma de copa con las tasa de crecimiento en diferentes tratamientos de intensidades de aprovechamiento.

4.3.4 Tasa de crecimiento de los árboles infestados de bejucos por tratamiento.

La tasa de crecimiento varia con el grado de infestación de bejucos (ANDEVA de dos vías, F = 117,35; P = <0,0001) y entre tratamientos (ANDEVA de dos vías, F = 4,49; P = <0,0037). El crecimiento se va reduciendo a medida que va aumentado el grado de infestación de bejucos (Figura 17). La mayor tasa de crecimiento se da en árboles libres de bejucos (0,52 cm/año), mientras que la menor se da en árboles cubiertos totalmente con bejucos (0,21 cm/año). La presencia de bejucos tiene un efecto negativo en el incremento diamétrico de las especies arbóreas. Todas las especies tienen un mayor crecimiento en árboles libres de bejucos siendo su crecimiento más afectado cuando el grado de infestación es más alto. Estos resultados son similares a los encontrados por otros autores (Evans, *et al*., 2003; Dauber, *et al*., 2003) y sugieren que uno de los tratamientos silviculturales más eficientes para incrementar la tasa de crecimiento en este tipo de bosque sea el corte de bejucos. Otros estudios han encontrado que efectivamente el corte de bejucos tiene un efecto positivo en el crecimiento de los árboles (Pérez, 1998; Pérez, 1999; Putz, 1991). Por lo tanto, se puede concluir que el corte de bejucos podría ser una buena practica de manejo, especialmente para árboles comerciales que serán aprovechados en el futuro.

La tasa de crecimiento es influenciada por los tratamientos en dos de las cuatro categorías de infestación de bejucos (Cuadro 6), que corresponden a árboles libres de bejucos (categoría 1) y árboles con bejucos en el fuste (categoría 2). Los árboles con categoría tres y cuatro tienen las mismas tasas de crecimiento en todos los tratamientos (Cuadro 6) (Anexo 5).

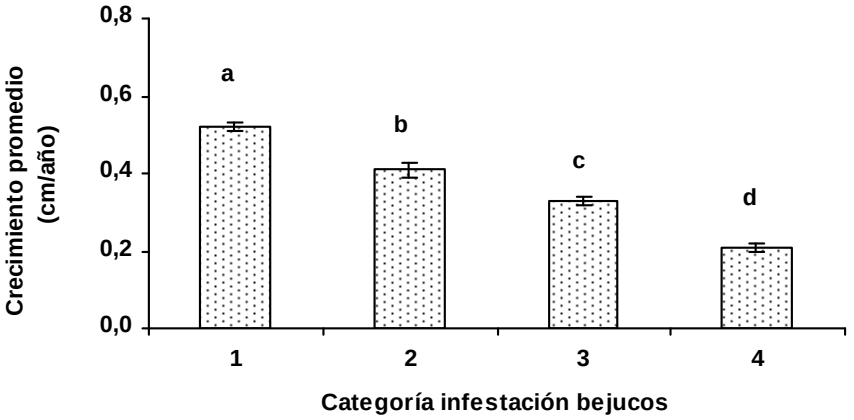


Figura 17. Crecimiento por categoría de infestación de bejucos para todas las especies en general en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Categoría de infestación de bejucos. **1** = libre de bejucos, **2** = bejucos en el fuste, **3** = bejucos en el fuste y en la copa, **4** = bejucos cubriendo totalmente la copa de los árboles. Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio ± EE.

Cuadro 6. Crecimiento por tipo de tratamiento por categoría de infestación de bejucos para todas las especies en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Categoría de infestación de bejucos: 1 = libre de bejucos, 2 = bejucos en el fuste, 3 = bejucos en el fuste y en la copa, 4 = bejucos cubriendo totalmente la copa de los árboles. Letras diferentes significan diferencias significativas. Datos son promedio (EE).

Categoría infestación de bejucos	Testigo	Normal	Mejorado	Intensivo	F	P
(1)	0,61 (0,03) b	0,58 (0,02) b	0,55 (0,02) b	0,44 (0,01) a	13,65	**0,0001**
(2)	0,49 (0,05) b	0,44 (0,04) ab	0,35 (0,03) a	0,34 (0,03) a	3,95	**0,0081**
(3)	0,33 (0,02) a	0,36 (0,02) a	0,31 (0,01) a	0,31 (0,02) a	2,43	0,0637
(4)	0,19 (0,03) a	0,26 (0,020) a	0,18 (0,02) a	0,27 (0,06) a	2,64	0,0485

Otros estudios encontraron valores similares de crecimiento diamétrico con relación al grado de infestación de bejucos tanto en la región Amazónica, como en la zona del Bajo Paragua y en la región Preandino Amazónico (Dauber, *et al*, 2003 y IBIF, 2006a), mientras que se encontraron valores superiores en la región Transición Chiquitana Amazónica y valores inferiores en la región

de la Chiquitania (Dauber, *et al*, 2003). Comparando los crecimientos en las diferentes categorías de infestación de bejucos se encontró similar patrón en los tres diferentes tipos de bosque de Bolivia, región Chiquitana, Transción Chiquitana Amazónica, (IBIF, 2005, IBIF, 2006a), donde los árboles libres de bejucos crecen más que los árboles totalmente cubiertos de bejucos.

4.3.5 Tasa de mortalidad por tratamiento

En general la tasa de mortalidad natural en el periodo 2003-2004 fue similar para todos los tratamientos y fue menor a la observada en el periodo 2004-2005, aunque sólo se encontró diferencias significativas entre los dos periodos para el tratamiento intensivo (Cuadro 7). Por otra parte, la mortalidad causada durante el aprovechamiento fue mayor en el periodo 2003 – 2004 que en el segundo año de evaluación, aunque sólo se encontró diferencias significativas entre los periodos para el tratamiento mejorado. La mayor mortalidad inducida fue encontrada en el tratamiento intensivo (6,48% para el periodo 2004). En el Anexo 8 se presenta los tipos de mortalidad por tratamiento y para cada periodo de evaluación).

La mayor tasa de mortalidad natural se encuentra en la clase diamétrica 60 – 70 cm de DAP, mientras que la mayor tasa de mortalidad causada por el aprovechamiento se presenta en las clases diamétricas menores (Figura 18). Si se compara la tasa de mortalidad natural con la mortalidad por aprovechamiento en cada tratamiento, se puede observar que la tasa de mortalidad siempre es inferior que la tasa de mortalidad por aprovechamiento. Asimismo se encontró que la tasa de mortalidad por aprovechamiento se asemeja cada vez más con la tasa de mortalidad natural a medida que la clase diamétrica aumente, siendo que las mayores diferencias entre las tasas de mortalidad se observan en las menores clases diamétricas. Esta diferencia es mucho mayor en el en el tratamiento intensivo, donde se aplicó el doble de intensidad de aprovechamiento (2,5 árboles/ha) que en los tratamientos normal y mejorado (1,35 árboles/ha). Cabe resaltar asimismo que en el tratamiento testigo se registraron las menores tasas de mortalidad natural (Figura 19).

Cuadro 7. Tasa de mortalidad natural y tasa de mortalidad por aprovechamiento en porcentaje para todas las especies arbóreas por tratamiento en dos periodos de evaluación en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA). Datos son promedio (EE) en base a las cuatro subparcelas de 1 ha que existen dentro de cada parcela experimental.

	Mortalidad natural						**Mortalidad por aprovechamiento**					
Tratamiento	**año 2004**		**año 2005**		**t**	**P**	**año 2004**		**año 2005**		**t**	**P**
Testigo	1,71	*(0,36)*	2,75	*(0,83)*	-1,60	0,207						
Normal	1,53	*(0,52)*	2,64	*(0,58)*	-1,26	0,297	3,24	*(1,19)*	0,06	*(0,06)*	2,67	0,0755
Mejorado	1,28	*(0,26)*	2,84	*(0,81)*	-1,80	0,170	3,91	*(0,44)*	0	*0*	8,84	0,0031
Intensivo	1,34	*(0,22)*	3,77	*(0,29)*	-5,13	0,014	6,48	*(1,45)*	0,8	*(0,49)*	3,13	0,0522

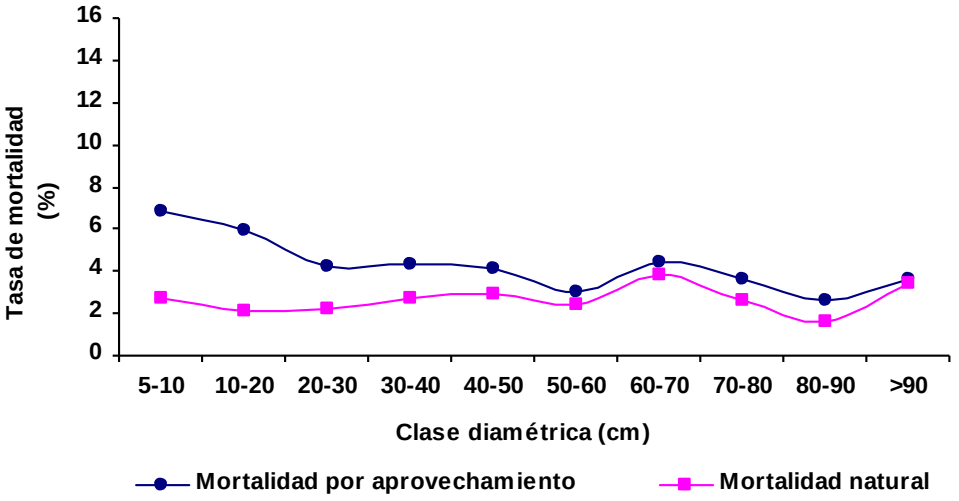


Figura 18. Tasas de mortalidad promedio por aprovechamiento y natural por clase diamétrica en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA).

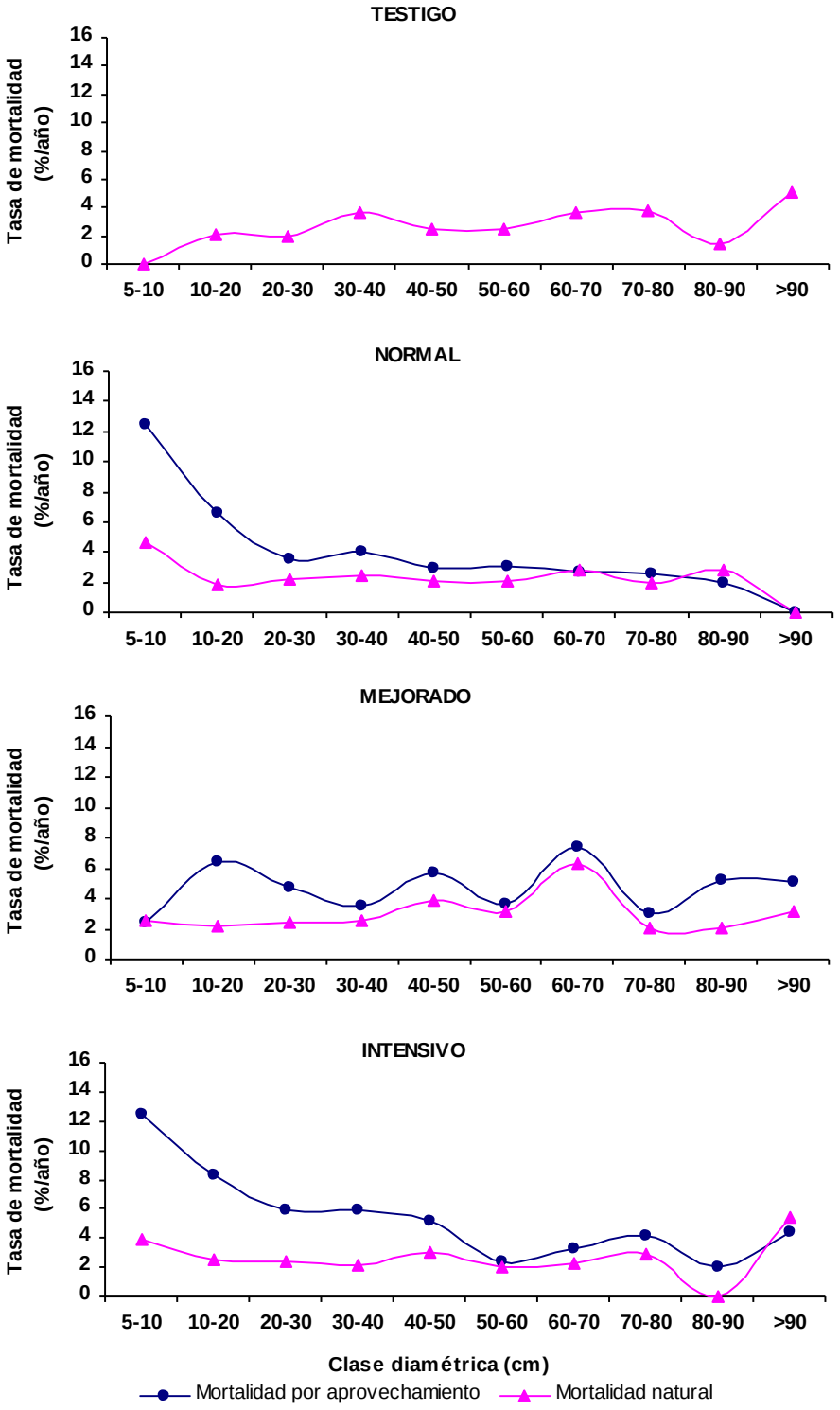


Figura 19. Tasas de mortalidad por aprovechamiento y natural por clase diamétrica para cada tipo de tratamiento, en un bosque amazónico de Pando (SAGUSA).

Mientras que la tasa de mortalidad por aprovechamiento disminuye durante el segundo periodo de evaluación, la tasa de mortalidad natural aumenta durante el segundo periodo, principalmente en el tratamiento intensivo (Cuadro 7). Este aumento puede ser debido al aprovechamiento forestal que ocasionó la apertura del dosel e ingreso de la luz. Esta apertura del dosel puede favorecer a las especies que requieren luz, pero no a las especies que no la requieren, lo que podría causar la muerte de individuos de estas especies. Otro fenómeno que se observó en el segundo periodo de evaluación fue el factor climático (efecto del niño). Durante la época seca del 2005 tuvo una duración mayor de lo normal, con altas temperaturas, lo cual ocasiónó la falta de humedad en el área y quedando susceptibles a incendios forestales. A consecuencia de este factor los tratamientos fueron afectados por el incendio forestal después de las evaluaciones realizadas en la gestión 2005.

Las tasas de mortalidad natural encontradas en este estudio son similares a las reportadas por estudios realizados en la misma ecoregión (Dauber, *et al*., 2001, Poorter, *et al*, 2001), en el Bosque de Transición Chiquitana Amazónica (Mostacedo, *et al*., 2006), y dentro de los valores reportados para los bosques tropicales (entre 1 a 3 %; Nebel, *et al*., 2001). Los bosques tropicales húmedos generalmente presentan tasas de mortalidad más altas que los bosques secos (Uslar *et al*., 2004), probablemente debido a que los bosques tropicales son más dinámicos. En un estudio reciente en la ecoregión Preandino Amazónico en la localidades de Ixiamas y Tumupasa, se obtuvo tasas de mortalidad natural equivalente a 1.9 % y una tasa de mortalidad causada por el aprovechamiento forestal de 5.1 % (Fessy, 2006 sin publicar), mientras que en un bosque del Bajo Paraguá se obtuvieron similares tasas de mortalidad natural pero una menor tasa de mortalidad por el efecto del aprovechamiento (IBIF, 2006a). En el Anexo 6 se presentan las tasas de mortalidad para las especies más importantes.

4.3.5 Tasa de reclutamiento por tratamiento

La tasa anual de reclutamiento promedio general es de 0,79% para un área sin intervención forestal (testigo). La tasa de reclutamiento fue menor en el periodo 2003 – 2004 que en el segundo periodo de evaluación (Cuadro 8). Durante el primer periodo la mayor tasa de reclutamiento se presenta en el tratamiento intensivo y la menor en el tratamiento testigo. Para el segundo periodo de evaluación la mayor tasa de reclutamiento se encuentra en el tratamiento

intensivo (1,98%) y la menor en el normal (0,25%) Cuadro 8). En el Anexo 7 se presenta la tasa de reclutamiento para las especies más importantes.

Cuadro 8. Tasa de reclutamiento por tratamiento y para dos periodos de evaluación 2004 - 2005 en un bosque de la Amazonia (SAGUSA). Datos promedio (EE) en base a las cuatro subparcelas de 1 ha que existen dentro de cada parcela experimental.

Tratamiento	año 2004		año 2005		t	P
Testigo	0,23	(0,23)	1,34	(0,53)	-1,77	0,175
Normal	0,54	(0,23)	0,25	(0,1)	1,44	0,245
Mejorado	0,3	(0,17)	1,43	(0,34)	2,97	0,059
Intensivo	1,25	(0,7)	1,98	(0,63)	-2,18	0,117

Estas tasas de reclutamiento son similares a los datos que se obtuvieron en otras áreas de bosque Amazónico (IMAPA, SAGUSA y PROMAB, Dauber et, al 2001). Sin embargo, la tasa de reclutamiento varía entre tratamientos. Esta diferencia está relacionada probablemente a la intensidad de aprovechamiento, ya que cuanto más intensivo es el aprovechamiento mayor será la tasa de reclutamiento. El aprovechamiento genera condiciones óptimas para la especies heliófitas efímeras y heliófita durables, las cuales presentan claramente un aumento en las tasas de reclutamiento por el efecto del aprovechamiento forestal después de un año. Otros estudios realizados en bosques de Bolivia siguiendo el mismo diseño experimental reportan valores similares para el reclutamento (IBIF, 2006b, Mostacedo, *et al*., 2006), o valores superiores (Mostacedo, *et al*., 2006). En general las tasas de reclutamiento en este bosque son similares a lo reportadas por varios autores para los bosques tropicales (Dauber, *et al*., 2001; Uslar, *et al*., 2004; Laurance, *et al*, 1998).

V. CONCLUSIONES

Como resultado del inventario realizado en la región amazónica (SAGUSA) se registró un total de 209 especies y 47 familias con un promedio de 37 familias por ha y 91 especies por ha. Las familias más importantes en esta zona fueron: Legunimosae con 33 especies, Moraceae 35 especies y Arecaceae con 11 especies. La riqueza puede aumentar ya que existe un cierto número de especies sin identificar. En el dendrográma se pudo identificar cinco grupos diferentes de tipos de vegetación en cuanto a composición y abundancia de especies. Las especies de mayor distribución, que alcanzaron los valores altos de IVI son: quecho amarillo *(Brosimum sp.),* nui *(Pseudolmedia laevis),* asai *(Euterpe precatoria),* coloradillo *(Hirtella bicornis),* palo santo colorado *(Sclerolobium paniculatum),* tamarindo *(Dialium guianense) y* isigo blanco *(Protium carnosum).*

En términos de posición de copa el mayor porcentaje de árboles se encuentra en categoría de árboles que reciben cierta luz vertical y cierta luz lateral con un 63,7%, mientras que en la categoría de árboles que reciben completa luz directa vertical y lateral sólo se encontraron 25.85% de los individuos censados. La forma de copa de los árboles incide directamente en el crecimiento de los árboles, ya que árboles con copas perfectas y buenas tienen mayor tasa de crecimiento que árboles con copa de menor calidad. La infestación de bejucos es mediana en comparación a otros bosques del país, ya que se encontraron bejucos sólo en el 53% de los árboles censados.

La tasa de crecimiento diamétrico encontrada en este estudio para SAGUSA es mayor al reportado anteriormente en base a parcelas convencionales de 1 ha (0.35), establecidas en la misma concesión. Los árboles crecen más en las clases diamétricas mayores a 50 cm de DAP tomando en cuenta todas las especies, probablemente debido a que estos árboles están expuestos a la luz directa (árboles emergentes y del dosel superior).

Los árboles crecieron más en el tratamiento testigo y normal que en los tratamientos intensivo y mejorado. Esto se debe probablemente a que el testigo se encuentra en un bosque ribereño y el normal es un sitio con presencia de quebradas, áreas húmedas y un terreno ondulado.

Los tratamientos tuvieron un efecto en las categorías con mejores condiciones de las variables evaluadas (como ser en las categorías de árboles reciben luz vertical y lateral, que tienen copa perfecta y que no presentan bejucos). Cuando los árboles crecen en malas condiciones (sin luz, con forma de copa pobre y con bejucos), las tasas de crecimiento en los diferentes tratamientos son similares entre si.

En Sagusa, actualmente se utiliza una tasa de crecimiento de 0,5 cm/año, para determinar el ciclo de corta. Es posible que después del aprovechamiento forestal, las tasas de incremento de los árboles residuales aumenten temporalmente. Sin embargo, el crecimiento promedio determinado para el área de SAGUSA es 0,41 cm/año. Por lo tanto, es recomendable que la empresa evalué nuevamente el largo del ciclo de corta. Utilizando un crecimiento promedio de 0,41 cm/año para todas las especies, un árbol de 10 cm de DAP, necesitara unos 121 años para crecer hasta un tamaño cosechable de 50 cm y 24,4 años para pasar de una determinada clase diamétrica a la siguiente. Sin embargo, como existe una gran variabilidad de crecimiento entre clases diamétricas y especies será más apropiado utilizar tasas de crecimiento específicos para cada especie en lugar de un crecimiento promedio para todo el bosque.

La tasa de reclutamiento fue mucho menor a la tasa de mortalidad natural y por el aprovechamiento forestal. La tasa de mortalidad natural es mayor en el periodo 2004 – 2005 que en el periodo 2003 - 2004, debido probablemente a factores climáticos. La tasa de mortalidad por aprovechamiento forestal es mayor en el periodo 2003 - 2004 que en el periodo 2004 - 2005. La tasa de mortalidad por aprovechamiento aumenta a medida que se aumenta la intensidad de aprovechamiento.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios sobre el impacto del aprovechamiento forestal a diferentes intensidades en la composición y estructura horizontal (antes y después) en un bosque amazónico.

Es necesario realizar estudios para determinar el gremio ecológico que pertenecen las diferentes especies del bosque amazónico.

Realizar estudios de tasa de crecimiento por gremio ecológico y por clases diamétrias en los diferentes tratamientos silviculturales, para ver el efecto de estos mismos en la dinámica de bosque.

Realizar estudios sobre composición y dinámica en base a los cinco tipos de bosques, que se identificaron en este estudio, para ver las diferencias con el estudio realizado.

Se debe aplicar tratamientos silviculturales en los bosques amazónicos para aumentar la tasa de crecimiento de especies comerciales. Se recomienda la corta de bejucos y la liberación de árboles competidores, ya que esos dos tratamientos silviculturales influyen en las tasas de crecimiento, incrementando hasta en un 100 % de su crecimiento por año.

Se recomienda continuar el monitoreo de las parcelas experimentales para poder tener datos a largo plazo, lo que aumentará la confiabilidad de los resultados sobre tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad, los cuales servirán para realizar estudios sobre la dinámica de poblaciones y realizar modelos matriciales para cada especie y relaciones con información sobre variaciones temporales (condiciones climáticas) y el impacto de éstas en la dinámica del bosque.

Es necesario aumentar el número de replicas de las parcelas experimentales en la concesión para tener información sobre el impacto del aprovechamiento forestal en la dinámica de los bosques amazónicos.

VII. BIBLIOGRAFIA

Araujo, M. A. 2002. Dinámica, Incorporación y Almacenamiento de Biomasa y Carbono en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Tesis de grado. Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM). Santa Cruz. Bolivia.

Alverson, W.S., D.K. Moskovits y J. M. Shopland. 2000. Bolivia: Pando, Río Tahuamanu, Rapid Biological Inventories. Report 1. The Field Museum, Chicago, Illinois.

Ayres, J. M. 1995. As Matas de Varzea do Mamiragua. Consejo Nacional de desenvolvimiento Científico y Tecnológico, Sociedad Civil Maniragua, Brasil. 123 pp.

Balcazar R. J. 2003. Estructura y Composición Florística de los tipos de Bosque e Instalación de Parcelas Permanentes en Agrupaciones Sociales del Lugar (ASL) del Municipio de IXIAMAS-LA PAZ; Santa Cruz Bolivia.

Balcazar, R. J., J. C. Montero y B. Mostacedo. 2001; Estructura y Composición Florística de los Bosque en el Sector Este de Pando. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible de Pando, PANFOR. Documento Técnico No 3, Cobija-Pando, Bolivia.

Barba, A. R. 1998. Simulación de la Corta de Liberación en un Bosque Seco Sub Tropical de la Zona de Lomerio. Tesis de grado, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM). Santa Cruz, Bolivia.

Brienen R., P. Zuidema y J. L. Gómez. 2003. Recuperación del volumen de madera bajo diferentes ciclos de corta: Reclutados de simulaciones para seis especies maderables en el norte de Bolivia. PROMAB. Informe Técnico # 9, Riberalta, Bolivia. 9pp.

Brienen R. y P. Zuidema. 2003. Anillos de Crecimiento de Arboles Maderables en Bolivia: su Potencial para el Manejo de Bosques y una Guía Metodología. PROMAB/IGEMA, Informe Técnico # 7, Riberalta, Bolivia. 33 pag.

BOLFOR, CIFOR y IUFRO. 1998. Memorias del Simposio Internacional Sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. 60p.

Boom, B. M. 1986. A Forest Inventory in Amazonian Bolivia. Biotropica 18(4): 287- 294.

Blate, G. M. 2005. Assessing Trade-offs in Multiple-objective Tropical Forest Management. Ph. D. Thesis, University of Florida, Gainesville, FL, USA.

Camacho, O. 1997. Análisis del Impacto de un Aprovechamiento Forestal en el Bosque Seco Sub-tropical de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. Documento Técnico 57. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia

Camacho, M. y B. Finegan. 1997. Efecto del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: El crecimiento diametrico,

con énfasis en el rodal comercial. Turrialba, C.R., CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico no. 295. Colección manejo diversificado de bosques naturales.

Campbell, D. G., D. C. Daly., G. T. Prance y U. N. Maciel. 1986. Cuantitative Ecological Inventory of Terra Firme and Várzea Tropical Forest on the Rio Xingu, Brazilian Amazon. Brittonia 38 (4): 369-393.

Clark, D. A. y D. B. Clark. 1994. Climate-Induced Annual Variation in Canopy Tree Growth in a Costa-Rican Tropical Rain-Forest. Journal of Ecology 82:865-872

Dauber, E., T.S. Fredericksen, M. Peña-Claros, C. Leaño, J.C. Licona, y F. Contreras. 2003. Tasas de Incremento Diamétrico, Mortalidad y Reclutamiento con Base en las Parcelas Permanentes Instaladas en Diferentes Regiones de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Dauber, E., T.S. Fredericksen y M. Peña-Claros. 2005. Sustainability of 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. Imperial Forestry Institute Paper No 34. University of Oxford.

Evans, K., M. Peña-Claros, y W. Pariona. 2003. Costo y Beneficio de Dos Prácticas Silviculturales en la Zona de Guarayos. Documento Técnico # 131. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Fessy, G. N. 2005. Dinámica de árboles en el bosque preandino amazónico a través de parcelas permanentes de muestreo. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simón (UMSS), IBIF, Santa Cruz. Bolivia.

Fredericksen, T; F. Contreras y W. Pariona, 2001. Guía de Silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia". Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Finegan, B. 1992. Bases ecológicas para la silvicultura. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 170 p.

Gentry, A.H. 1988. Tre species richness of upper Amazon Forest. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America. 85(1):156-159.

Guzman, E. 1999. Mortandad y Reclutamiento en Dos Tipos de Bosques del Parque Nacional Noel Kempff Mercado y sus Alrededores. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM). Santa Cruz Bolivia. 45 p.

Hutchinson, G. E. 1981. Introducción a la Ecología de Poblaciones. Yale Universite. Barcelona, España. Pp 176-177

IBIF. 2006a. Dinámica del Bosque e Impactos del aprovechamiento en el bosque del Bajo Paraguá, Informe técnico IBIF-WWF. Santa Cruz, Bolivia.

IBIF. 2006b. Efectos de la intensidad de aprovechamiento y aplicación de tratamientos silviculturales en la dinámica del Bosque de la TCO CIBAPA, Informe técnico IBIF-WWF. Santa Cruz, Bolivia.

Killeen, T. J., E. García. E. y S. G. Beck. 1993. Guía de Arboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden, La Paz, Bolivia.

Knight, D. H. 1975. A Phytosociological Analysis of Species Rich Tropical Forest on Barro Colorado Island, Panama. *Ecol. Monogr*. 45: 259-284.

Krueger, W. 2003. Efectos del marcado de árboles de futura cosecha y la planificación de pistas de arrastre en el aprovechamiento convencional con limites diametritos en un bosque tropical de Bolivia. Documento técnico 119. Proyecto Bolfor, Santa Cruz, Bolivia.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Instituto de Silvicultura de la Universidad de Gottingen. Eschborn, Alemania. 335 p.

Lamprecht, H. 1962. Ensayo sobre unos Métodos para el Análisis Estructural de los Bosques Tropicales. Acta Científica Venezolana. 57-65 p.

Lara, R. 1995. Mapa Forestal de Bolivia - Memoria Explicativa. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. La Paz.

Laurence, W. F., V. L. Ferreira, J. M. Rankin-De Merona, S. G. Laurance, R. W. Hutchings y T. E. Lovejoy. 1998. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in amazonian tree communities. Conservation Biology, Volumen 12, No 2: 460-464.

Losos, E. y S. Loo. 2004. Forest Dynamics Plots. Losos, C. E. y E. G. Leigh. Tropical Forest Diversity and Dynamism. The University of Chicago Press.

Linera, G. W. 1996. Crecimiento diamétrico de árboles caducifolios y perennifolios del bosque mesófilo de montaña en los alrededores de Xalapa. Madera y Bosques 2(2): 53-65.

Malleux, J. 1974. Estudio de la Relación Tipo de Bosque-Especie en los Bosques de la Colonización de Jenaro Herrera. Revista Forestal del Perú 5(1-2): 67-71.

Matteucci, S. y D. Colma, 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Washington, D. C., OEA. 168 p.

MDSP, 1998. Normas Técnicas para la Elaboración de Instrumentos de Manejo Forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en Propiedades Privadas o Conseciones con Superficies Mayores a 200 Hectáreas. Resolución Ministerial No 248/98. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, La Paz. Bolivia.

Mostacedo B., Z. Villegas, M. Peña, L. Poorter, J. C. Licona y A. Alarcón. 2006. Fijación de Carbono (Biomasa aérea) en áreas de Manejo Forestal Sujetas a Diferentes Intensidades de Aprovechamiento: Implicaciones a Corto Plazo. IBIF, PNCC. Santa Cruz. Bolivia

Moraes, M. y S. Beck. 1992. Diversidad Florística de Bolivia. En: Marconi (Ed.). 1992. Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. USAID – Bolivia. La Paz.

Navarro, G. 1997. Contribución a la Clasificación Ecológica y Florística de los Bosques de Bolivia. Revista de Ecología y Conservación Ambiental, 2: 3-37.

Navarro, G. Sin publicar. Unidades Ambientales y de Vegetación de la Reserva Amazónica "Manuripi". Manuscritos por publicar.

Navarro, G. y W. Ferreira. 2007. Mapa de vegetación de Bolivia a escala 1:250 000. Ed. TNC. Cochabamba, Bolivia.

Nebel, G., L. P. Kvist, J. K. Vanclay, y H. Vidaurre. 2001. Forest Dynamics in Flood Plain Forests in the Peruvian Amazon: Effects of Disturbance and Implications For Management. Forest Ecology and Management 150: 79-92.

Ortíz, R. P. 1999. Evaluación de Parcelas Permanentes de Medición Después del Aprovechamiento Forestal en un Bosque Chiquitano San Miguel, Provincial Velasco. Tesis de grado. Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM). Santa Cruz, Bolivia.

Prance, G. T. 1982. The Amazon: Earth's Most Dazzling forest. Garden. 6(1): 2-10.

Pennington, T., A. Monro, E. Rowe, I. Carballal y G. Harrison. 1989. Final Report Bolivia Oxford University Conservation Project Unpubl.

Pérez, S. D. 1998. Efecto del corte de bejucos sobre la estructura de un bosque boliviano: Recomendaciones y evaluaciones de una practica silvicultural. Memoria del simposio internacional sobre posibilidades de manejo forestal sostenible en América tropical. BOLFOR; CIFOR; IUFRO. Santa Cruz, Bolivia. P 59-63.

Pérez, S. D., V. L. Sork y F. E. Putz. 2001. Liana and trees in a liana forest of Amazonian Bolivia. BIOTROPICA 33(1): 34-47.

Pérez, S. D. 1999. Effects of liana cutting on trees and tree seedlings in a tropical forest in Bolivia. Ph.D. dissertation. University of Missouri, St. Louis, Missouri.

Phillips, O. L. y A. H. Gentry. 1994. Increasing turnover through time in tropical forests. Science 263: 954-957.

Phillips, L., V. P. Nuñez, y M.E. Timaná. 1998. Tree mortality and collecting botanical vouchers in tropical forests. *Biotropica* 30: 298-305.

Poorter, L., R. Boot, Y. Hayashida, J. Leigue, M. Peña y P. Zuidema. 2001. Estructura y dinámica de un bosque húmedo tropical en el Norte de la Amazonia Boliviana. PROMAB, Informe Técnico # 2, Riberalta, Bolivia.

Putz, F. 1991. Silvicultural effects of lianas. Pages 493-501. En: H. A. Moomey (ed.). Biology of vines. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Putz, F. E. 1983. Liana Biomass and Leaf Area of a 'Tierra Firme' Forest in the Río Negro Basin, Venezuela. *Biotropica* 15:185-189.

Putz, F. E. 1984. The Natural History of Lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 65: 1713-1724.

Santivañez J. L. y B. Mostacedo. 2006. Atributos de alto valor de conservación en la concesión forestal SAGUSA SRL. En Pando, Bolivia. Informe técnico. IBIF. Santa Cruz, Bolivia.

Sarukhan, J. y E. Hernández. 1970. Sinecología de las Selvas de *Terminalia amazonia* en la Vertiente del Golfo de México. Análisis de la Metodología de Estudio. Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Ven.) boletín No 33-34:3-20.

Salms H. y M. Marconi. 1992. Reserva Nacional Manuripi – Heath; LIDEMA, PL-480, CORDEPANDO. La Paz.

Schmidt, H. 1977. Dinámica de un Bosque Virgen de Araucaria lenga. Revista Forestal Bosque, Chile. 3-11 p.

Smith, N. D. y J. T. Killeen, 1998. A comparison of the structure and composition of montane and lowland tropical forest in the serranía Pilón Lajas, Beni, Bolivia. En F. Dallmeier Y J. A. Comiskey, eds., Forest Biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean. Man and the Biosphere Series Vol.21. 681-700 p. UNESCO, Paris.

Solís, F. A. 2004. Plan General de Manejo Empresa Maderera "SAGUSA S.R.L". Cobija, Pando. Bolivia.

Supr, S. y B. Barner. 1979. Ecología Forestal. AGT. Austin, Texas. Pp 80-130, 394-398.

Toledo, M., J. C. Licona, C. Leaño, A. Alarcon, B. Mostacedo y M. Peña. 2005. Red Nacional de Parcelas Permanentes, Protocolo de Trabajo. Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), Santa Cruz Bolivia.

Uslar, I., B. Mostacedo y M. Saldias. 2004. Composición, Estructura y Dinámica de un Bosque Seco Semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. Ecología en Bolivia, 39(1):25-43.

Valencia, R., R. B. Foster, G. Villa, R. Condit, J. C. Svennings, C. Hernández, K. Romoleroux, E. Losos, E. Magard & H. Baslev. 2004. Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. Journal of Ecology 92: 214-229.

Valerio, J. 1997. Informe de consultoria Crecimiento y Rendimiento. Documento Técnico # 51; Proyecto BOLFOR, Santa Cruz Bolivia.

Valerio, J. y C. Salas. 1997. Selección de Prácticas Silviculturales para Bosques Tropicales. Manual Técnico, Seg. Ed. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

Veillon, J. P. 1985. El crecimiento de algunas bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medió ambiente. Rev. For. Venez. 19(1):5-120.

Veizaga, B. 1998. Dinámica y Determinación Preliminar del Incremento Diametrito en el Bosque Experimental Elias Meneses. UAGRM. Santa Cruz, Bolivia. 66 p.

Wadsworth, F. H. 1997. Producción Forestal para América Tropical. U.S. Dep.. of Agricultura, Forest Service. Agricultura Handbook #710. Washington, DC. 80-83.

ZONISIG, 1997. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica y Perfil Ambiental del Departamento de Pando. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente – Prefectura del Departamento de Pando. La Paz, Bolivia. 159 pp.

ZONISIG, 1996. Plan de Uso del Suelo del Departamento de Pando. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente – Prefectura del Departamento de Pando. La Paz, Bolivia.

ANEXOS