

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
“DR. MARTÍN CARDENAS”



COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA FLORÍSTICA DEL BOSQUE SECO
SEMIDECIDUO ANDINO, PARQUE NACIONAL Y ÁREA NATURAL
DE MANEJO INTEGRADO MADIDI
LA PAZ, BOLIVIA

TESIS DE GRADO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

LESLIE EUGENIA CAYOLA PÉREZ

COCHABAMBA – BOLIVIA

2004

I. INTRODUCCIÓN

Bolivia es uno de los países de Latinoamérica menos conocidos desde el punto de vista de su diversidad biológica (Funk & Mori 1989). Sin embargo en las dos últimas décadas, se ha producido un notable avance en el conocimiento de la flora y fauna, tanto terrestre como acuática, debido a la creación e implementación de numerosas instituciones científicas. A lo largo de estos últimos años, las colecciones científicas depositadas en los museos, herbarios y universidades bolivianas, se han multiplicado enormemente en relación a la casi inexistencia o gran escasez que había en los años 1960 y 1970. La participación de notables científicos en diversos grupos taxonómicos, ha posibilitado que gran parte del material depositado sea identificado con precisión. Este hecho es de enorme importancia y constituye la base para abordar otro tipo de estudios más enfocados a la ecología y dinámica de poblaciones. Aunque falta todavía mucho por conocer de la biodiversidad del país (Navarro & Maldonado 2002), según Jorgensen (2003) para que Bolivia cuente con una flora completa se necesitarían cerca de un millón de colecciones científicas.

El país se caracteriza por su extraordinaria diversidad biológica, resultante de la gran variedad de ecosistemas que abarca su territorio. Con el fin de preservar este patrimonio, el Estado boliviano mediante la iniciativa internacional ha ido creando desde 1939 numerosas Áreas Protegidas (MDSP y SERNAP 2002). Una de las áreas protegidas de gran importancia, incluso continental es el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-ANMI) Madidi, el que presenta la mayor diversidad de ecosistemas protegidos en el país incluyendo el bosque seco andino (Montes de Oca 1997).

Los bosques secos tienen una amplia distribución en el Neotrópico, representan el 42% de todos los bosques tropicales y subtropicales del mundo y, aunque cubren un

área más grande que los bosques tropicales siempre verdes; hasta el presente existen pocos estudios sobre su distribución, fauna, flora y ecología. En Sur América cubren un 22% de las áreas boscosas y se presentan en zonas con alturas que oscilan entre 0 y 1.000 m, pudiendo sobrepasar esta altitud como en los valles andinos e interandinos de Bolivia que llegan hasta los 2.800 m. (Bach *et. al.* 1999). Las temperaturas oscilan entre 17 y 24 °C y las precipitaciones entre 250 y 2 000 mm (Murphy y Lugo 1986).

Según la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia efectuada por Navarro (1997) y Navarro & Maldonado (2002), existen numerosos bosques pluviestacionales y vegetación azonal asociada a bosques caducifolios. Esta proporción bastante alta de tipos de vegetación deciduos y semideciduos refleja la importancia de estos bosques en el país. Pero actualmente, el conocimiento de la flora de estos bosques es insuficiente. Por lo tanto, el estudio de ecosistemas de bosques deciduos representa una prioridad para la investigación en el país (Moraes y Beck 1992).

Uno de los pocos estudios realizados en los bosques secos al norte de Bolivia, dentro el PN-ANMI Madidi, es el de Kessler y Helme (1999), que consiste en un análisis florístico de los bosques deciduos del valle central del Río Tuichi, una localidad aislada de bosque seco, cubriendo un área aproximada de 1.200 km². Este estudio muestra una diversidad de especies leñosas que supera el promedio de los bosques secos neotropicales y una diferenciación marcada de los tipos de vegetación en los bosques fisonómicamente homogéneos en el valle del Río Tuichi. Figurando entre los más diversos documentados hasta el presente en el Neotrópico, y probablemente contienen la mayor extensión de bosque seco primario en todos los Andes (aproximadamente 700 km²) por lo que se enfatiza su gran importancia de conservación y estudio (Kessler y Helme 1999).

Para el estudio de los bosques tropicales se han utilizado diferentes métodos, pero en estos últimos años se está tratando de estandarizar el método de la instalación de

parcelas permanentes de muestreo de una hectárea de superficie, inventariando y coleccionando todos los árboles y lianas con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 10 cm, para que los datos obtenidos puedan ser comparables con otros estudios (Seidel 1995).

Algunas áreas del país se encuentran mejor coleccionadas que otras, los parques Noel Kempff Mercado y Amboró, las estaciones biológicas del Beni y Cotapata están entre estas áreas, con suerte en unos pocos años mas se tendrá la documentación para el Parque Nacional Madidi (Jorgensen 2003).

Este trabajo de investigación forma parte del “Proyecto de Inventario de la Región del Madidi”, que se desarrolla en los Parques Nacionales Madidi, Pilon Lajas, Apolobamba y alrededores, financiado por la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos (NSF) y el Jardín Botánico de Missouri (MO). El proyecto es realizado en colaboración entre el Herbario Nacional de Bolivia, el Real Jardín Botánico de Madrid y el Jardín Botánico de Missouri.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Describir, conocer y analizar la composición florística y estructura de los bosques secos del valle central del río Tuichi en el Área Natural de Manejo Integrado Madidi.

Objetivos específicos

- Evaluar y documentar la riqueza florística y la estructura de la vegetación arbórea de una hectárea de bosque seco del valle central del río Tuichi

- Obtener una colección de referencia de árboles y lianas
- Determinar la abundancia, dominancia, frecuencia y diversidad relativa de las especies encontradas
- Determinar la Importancia ecológica de las especies y familias
- Analizar las relaciones biogeográficas del bosque seco andino
- Evaluar las potencialidades de uso de las especies

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A Bosques del Neotrópico

Los bosques del Neotrópico comprenden la mayor parte de Sud América y toda la América Central incluyendo la Península de Baja California, en el cual se presenta una variada gama de condiciones climáticas, y por esta característica los bosques se presentan en una multiplicidad casi insuperable (Hueck 1978).

Los bosques neotropicales contienen una enorme riqueza de especies, tanto de flora como de fauna, en estos se ha registrado la cifra mas alta de riqueza de especies arbóreas, pero estos bosques no solo son ricos en árboles, incluso excluyendo los árboles de los cálculos de diversidad, muestran la riqueza florística mas alta del mundo, debido sobre todo a la presencia de especies trepadoras y epifitas (Hartshorn 2002).

A.1 El bosque neotropical: pasado y presente

Tres eventos han ejercido gran influencia en la evolución de la flora neotropical: el surgimiento de la cordillera de los Andes, el intercambio biótico con Norteamérica luego de la formación del istmo centroamericano, y las fluctuaciones climáticas de la época geológica del Pleistoceno. El surgimiento de la cordillera de los Andes dio origen a las grandes cuencas hidrográficas modernas y fraccionó la biota de las tierras bajas en dos dominios: un dominio cisandino (bosques húmedos amazónicos) y un dominio transandino (bosques húmedos de Chocó y Centroamérica). Finalmente, las variaciones climáticas del Pleistoceno, relacionadas con la oscilación del eje terrestre causaron una serie de fluctuaciones sucesivas en los patrones de precipitación y temperatura a escala continental. Estos cambios climáticos generaron a su vez, una serie de modificaciones en los límites altitudinales de la vegetación, así como la formación de un “mosaico” de

áreas secas y húmedas, que probablemente tuvieron un efecto importante sobre los patrones de especiación y radiación de diferentes taxones de plantas (Hartshorn 2002).

A.2 Principales tipos de bosques presentes en el Neotrópico

Según Hartshorn (2002), la mayor parte de la información florística del neotrópico proviene de sitios específicos, como estaciones biológicas y áreas protegidas, el resto a sido pobremente muestreado, de ahí que no exista una clasificación detallada de los principales tipos de bosques de la región.

A continuación se mencionan los diferentes tipos de bosque de la región neotropical para dar una mejor idea en cuanto a su diversidad, comprendidos dentro de tres regímenes de precipitación (perhúmedo, húmedo y subhúmedo) y en tres zonas altitudinales: tierras bajas (<500 m), montañas bajas (500 a 2000 m) y montañas altas (>2000 m). Los límites altitudinales son artificiales.

- Tierras bajas

- Bosques de manglar
- Bosques inundables
- Bosques perhúmedos
- Bosques húmedos
- Bosques subhúmedos

- Montañas bajas

- Bosques subhúmedos de montaña baja
- Bosques húmedos de montaña baja
- Bosques perhúmedos de montaña baja

- Montañas altas

Bosques húmedos y perhúmedos de montaña alta

Bosques subhúmedos de montaña alta

Páramo

A.3 Importancia

Los bosques de América Latina y el Caribe son los bosques tropicales más importantes del mundo, tanto por su extensión geográfica como por su riqueza biológica y complejidad ecológica. De los diez países con los bosques tropicales más extensos, seis se encuentran en el neotrópico: Brasil, Perú, Colombia, Bolivia, México y Venezuela. Estos seis países acaparan casi la mitad de los bosques tropicales del mundo (Hartshorn 2002) (Cuadro 1).

Cuadro 1: Los diez países con mayor extensión de bosques tropicales estimada en 1990

País	Bosques (km ²)	%	Perdida (km ²)	% perdida por año
Brasil	5.611.070	66	36.709	0.6
Congo	1.132.750	48	7.322	0.6
Indonesia	1.095.490	57	12.120	1.0
Perú	679.060	53	2.712	0.4
Colombia	540.640	47	3.670	0.6
India	517.290	16	3.390	0.6
Bolivia	493.170	45	6.247	1.1
México	485.860	25	6.780	1.2
Venezuela	456.900	50	5.991	1.2
Sudan	429.760	17	4.817	1.0
Subtotal	11.441.990		89.756	
Total para 90 países	17.562.990		154.000	0.8

Fuente: Datos calculados de WRI (1994). Se consideraron todos los tipos de bosque tropical, incluidos el bosque seco y el de altura.

B Bosques secos

B.1 Denominaciones

La asignación de un término a un determinado bosque da una idea general respecto a su estructura, composición y a las condiciones del medio ambiente, pero esto no es suficiente para realizar una planificación en él, se requiere información exacta por ejemplo: sobre las especies arbóreas locales, su proporción, distribución, masas en pie, variabilidad, etc. (Lamprecht 1990).

Las formaciones vegetales de bosque seco han recibido muchos nombres. Se les ha nombrado en base a su fisonomía (bosques, matorrales, arbustos, sabanas, parques), en base a la cantidad de lluvia recibida (secos o húmedos), estacionalidad (estacionalmente húmedos o secos, xerofíticos), longevidad del follaje (siempreverdes, semi-siempreverdes, semidecíduos, deciduos), y diversas combinaciones y sub-combinaciones entre cada uno de ellos (http://bosque_seco.tripod.com/inicio.html).

La nomenclatura y la delimitación de estos bosques son posiblemente más confusas e inexactas que para los bosques siempre verdes. Frecuentemente a los bosques deciduos se les describe también como bosques periódicamente caducifolios, bosques húmedos deciduos, bosques secos caducifolios, bosques monzónicos, bosques alisios, bosques tropófilos, bosques secos densos (Lamprecht 1990), subhúmedos, estacionales y pluviestacionales.

B.2 Definición y características de los bosques secos

En las condiciones más simples, los bosques secos son aquellos que ocurren en las regiones tropicales donde existen varios meses (2 a 5) de severa e incluso absoluta

sequía, con un hábito decíduo, y un notable aumento de plantas de hoja perenne y plantas suculentas en los bosques caducos muy secos (Bullock *et al.* 1995).

Según Lamprecht (1990), el bosque decíduo, es un bosque denso, que tiene un periodo seco bien definido de 2 a 5 meses, presentando como característica que generalmente la mayoría o la totalidad de los árboles son caducifolios, o cuando menos lo son parte de los árboles del dosel superior, la caída de las hojas es menos notoria en pisos inferiores. Comparando el bosque seco semidecíduo, con el bosque pluvial siempre verde y el bosque seco, se observa que como formación vegetal son más heterogéneos en su composición, estructura, fisonomía y fenología, a causa de que ocupan una amplia zona transicional entre ambos. La mayoría de los emergentes miden de 30 a 35 m de altura, se defolían, poseen copas enormes y alcanzan un dap de más de 100 cm. El grado de defoliación depende no solo de las especies, sino además de la duración e intensidad del periodo seco.

Para definir un Bosque Tropical Estacionalmente Seco debemos tomar en cuenta diversos factores:

- Precipitación y Estacionalidad: quizás son los rasgos más importantes de los bosques estacionalmente secos. Generalmente la precipitación está por debajo de los 1600 mm y los meses secos son de 5 a 6 donde la precipitación total es menor a 100 mm. Esto condiciona la estructura de la vegetación, resultando en bosques de menor estatura y área basal, con una composición florística particular.
- Calidad de suelos: es un punto importante. Se ha considerado que los bosques secos están presentes sobre suelos fértiles. Sin embargo esta afirmación es demasiado general y requiere de estudios puntuales.
- Altitud: los bosques secos se encuentran generalmente por debajo de los 2000 m, pero existen excepciones, como por ejemplo los valles secos interandinos en el Perú

y Bolivia, se han reportado formaciones secas muy por encima de esta altura (http://bosque_seco.tripod.com/inicio.html).

B.3 Bosques secos en el mundo

La mayoría de los ecosistemas de las altitudes tropicales y subtropicales se caracterizan por una sequía estacional, se le ha prestado muy poca atención a bosques que están sujetos a estaciones secas prolongadas y a su estado inestable. Por este motivo la degradación y cambio de los bosques secos es mas avanzada que en los bosques húmedos, llegando al extremo de tener apenas fragmentos conservados que aun permanecen intactos alrededor del mundo, este es un hecho infortunado para estos bosques que ocupan áreas, mas extensas que los bosques húmedos, y que están sujetos a mayor uso por los humanos (Bullock *et al.* 1995).

Tales bosques secos tienen una amplia distribución en el Neotrópico, desde el occidente mexicano hasta Costa Rica, en varias islas del Caribe, el norte de Colombia y Venezuela, el sudoeste ecuatoriano y noreste del Perú así como desde el noreste brasileño (Caatinga) hasta el sudoeste de Paraguay, el norte de Argentina y el sur boliviano (Chaco y Chaco serrano, Bosque Chiquitano) (Hueck 1966, Bullock *et al.* 1995, Ribera *et al.*).

Además existen una serie de “islas” de bosque deciduo esparcidas a lo largo de los Andes en valles secos debido al fenómeno de sombra de lluvia (Troll 1952, Prado & Gibbs 1993).

B.4 Biogeografía

Según Pennington *et al.* (2000), la distribución de los bosques secos en el Neotrópico es muy particular. En general, están compuestos principalmente por

fragmentos muchas veces aislados cientos de kilómetros. La excepción la constituyen dos grandes áreas: la región de las caatingas (Brasil) y la región del Paraná y el Piedemonte Argentino-Boliviano (Paraguay, Argentina, Bolivia). El resto de bosques secos está esparcido desde México hasta Bolivia. Se pueden agrupar en nueve áreas para el Neotrópico:

1. América Central y el Caribe.
2. Costa caribeña de Colombia y Venezuela.
3. Valles interandinos Colombianos.
4. Costa Peruano-Ecuatoriana.
5. Valles interandinos Peruanos y Bolivianos.
6. Región Boliviano Chiquitano.
7. Núcleo de Piedemonte.
8. Núcleo del Paraná.
9. Las Caatingas.

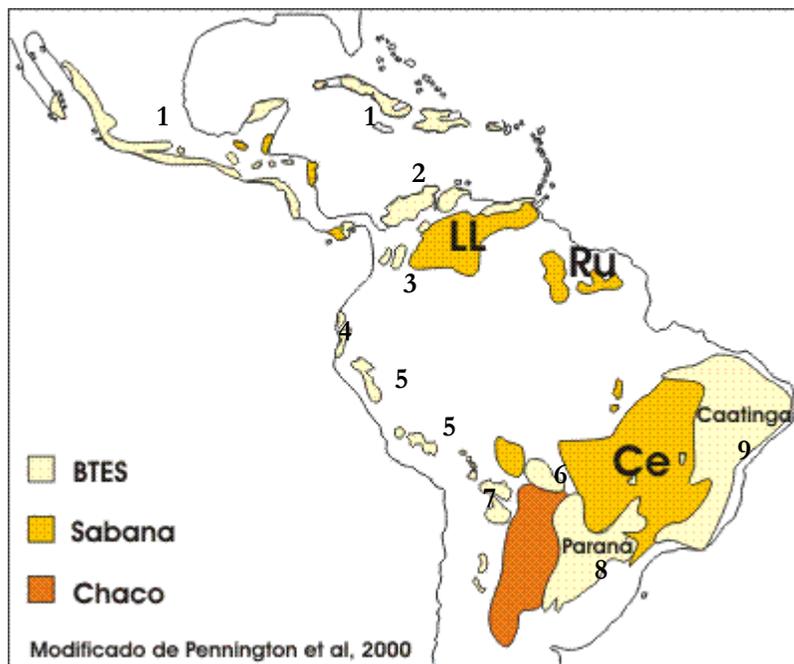


Figura 1: Distribución de los bosques secos en el Neotrópico.
 (BTES: Bosques Tropicales Estacionalmente Secos)
 Tomado de Linares *et al.* (2003)

Como se puede ver en la Figura 1, no se ha considerado las sabanas (por ejemplo el Cerrado en Brasil), por tener características florísticas y ecológicas diferentes (resistencia al fuego, ausencia de cactáceas, alto contenido de aluminio en el suelo, entre otras), ni al Chaco (temperaturas extremas) (Pennington *et al.* 2000).

B.5 Bosques secos en Bolivia

En Bolivia, numerosos valles y montañas, situados en las laderas altas de la Cordillera oriental, no reciben suficientes lluvias para el desarrollo de bosques siempre verdes, pero sí para un bosque decíduo, que pierde las hojas durante la época seca. Estos bosques se sitúan en los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí, Tarija y La Paz, ubicados generalmente entre 1800 y 2.800 m de altitud. La falta de lluvia se origina por dos factores; la ubicación climática general y la situación orográfica local; ya que, las cadenas montañosas altoandinas impiden el paso a los vientos cargados de humedad, otro factor que también debe considerarse son los vientos secos que bajan del altiplano (Morales 1990).

En La Paz, este tipo de bosque se encuentra en el valle del río Machariapo y en el valle del río Tuichi (Beck *et al.* 2003).

B.6 Situación forestal general en bosques tropicales secos

Son formaciones que están muy amenazadas, principalmente por acciones antropicas. Han sido definidas en algunos casos como los ecosistemas más amenazados en el Neotrópico, más aun que los bosques húmedos (Janzen, 1988).

Según Lamprecht (1990), los bosques secos y sus productos siempre han jugado un papel esencial en la vida de la población nativa; han sido y son actualmente la fuente de aprovisionamiento de madera. En muchos lugares, la leña y el carbón vegetal son los

únicos combustibles que están a disposición. Además estos bosques proveen productos que en importancia, diversidad y valor, son comparables a los de los bosques húmedos. El pastoreo dentro del bosque y la obtención de hojas para forraje son la base indispensable para la actividad pecuaria en extensas regiones. Durante los periodos críticos causados por la sequía, estas fuentes de forraje son con frecuencia la única opción de supervivencia para el ganado. Además de desempeñar funciones de utilidad directa, los bosques secos producen efectos benéficos, los cuales van desde el suministro de sombra para humanos y animales, hasta la protección del suelo contra la erosión eólica e hídrica, la conservación de la fertilidad del suelo, la protección contra el viento, la influencia positiva sobre el balance hídrico, etc.

En Bolivia, confluyen distintos tipos de bosques, los cuales tiene un gran potencial forestal maderable y no maderable, el cual se ha incrementado por el uso y la demanda de especies con vocación forestal (Mostacedo *et al.* 2001); en el Cuadro 2, se puede apreciar el resumen del informe anual presentado por la Superintendencia Forestal el año 2001, en el cual muestra que el 78.73% de la madera explotada se origina de solo 20 especies de arbóreas (Superintendencia Forestal 2001).

Cuadro 2: Lista de las especies con mayor aprovechamiento en Bolivia

<u>Especie</u>	<u>Nombre común</u>	<u>Volumen (m3)</u>	<u>Porcentaje (%)</u>
<u>Hura crepitans</u>	Ochoó	118.075,70	21,12
<u>Amburana cearensis</u>	Roble	33.703,25	6,03
<u>Cedrela</u> sp.	Cedro	32.057,52	5,73
<u>Tabebuia</u> sp.	Tajibo	23.653,81	4,23
<u>Dipteryx odorata</u>	Almendrillo	21.455,12	3,84
<u>Cariniana estrellensis</u>	Yesquero	20.822,13	3,72
<u>Terminalia amazónica</u>	Verdolago	18.746,92	3,35
<u>Ficus</u> sp.	Bibosi	17.762,85	3,18
<u>Anadenanthera</u> sp.	Curupaú	17.407,98	3,11
<u>Schizolobium amazonicum</u>	Serebó	17.118,98	3,06
<u>Eucaliptus</u> sp.	Eucalipto	15.483,94	2,77
<u>Vochysia divergens</u> , <u>V. haenkeana</u>	Cambará	15.399,57	2,75
<u>Cariniana</u> sp.	Yesquero Blanco	14.839,83	2,65
<u>Tapirira guianensis</u>	Mara Macho	14.784,45	2,64
<u>Machaerium scleroxylon</u>	Morado	13.473,53	2,41
<u>Ceiba samauma</u> , <u>C. pentandra</u>	Mapajo	11.673,66	2,09
<u>Calophyllum brasiliense</u>	Palo María	9.094,98	1,63
<u>Zanthoxylum</u> sp.	Sauco	8.342,95	1,49
<u>Centrolobium</u> sp./ <u>Platymiscium</u> sp.	Tarara	8.201,42	1,47
<u>Hymenaea</u> sp.	Paquió	8.113,52	1,45
Otras		118.947,10	21,27
Total		559.159,18	100,00

Fuente: Superintendencia Forestal, Informe anual 2001.

B.7 Diversidad

Se conoce que los bosques tropicales son mucho más diversos que los bosques templados, y también se aprecia la gran diferencia en la diversidad entre los bosques tropicales. Por lo menos en el Neotrópico, se ha observado que la relación entre la riqueza de especies y la lluvia es muy significativa, por lo que en general, los bosques secos son menos diversos que los bosques húmedos o lluviosos. Sin embargo los bosques secos no presentan un cambio significativo en su diversidad con respecto a la precipitación. Al parecer esta diversidad está más relacionada con la biogeografía que con el ambiente (Gentry 1995).

Según Gentry (1995), los bosques secos tienen aproximadamente 50 a 70 especies ($dap > 2.5\text{cm}$) en 0.1 ha, el obtuvo una diversidad media de 64.9 especies, para

23 muestras de bosque seco neotropical, y lo comparo con el promedio de 152 especies de bosque húmedo, así llego a la conclusión que los bosques secos presentan menor diversidad alfa que los bosques húmedos. En base a estas referencias el bosque seco mas diverso se encuentra en la región occidental de México (Chamela), encontrándose en tres muestras de este bosque un promedio de 94.3 especies, por lo cual es más diverso que la región ecuatorial y que la península de Yucatán. En las regiones antillanas la riqueza es de 52 especies; los bosques secos del chaco argentino tienen menos especies aun y una muestra del bosque de Chaquimayo (Bolivia) no señala ninguna diferencia significativa en la riqueza de especies con los bosques secos ecuatoriales. Sin embargo es notable que la muestra de Quiapaca (Bolivia) de 86 especies, es casi tan rico como la región occidental de México, siendo la única muestra de los bosques secos del sur sin perturbación y puede indicar que la diversidad de los bosques secos mexicanos es un fenómeno subtropical general en lugar de una peculiaridad biogeográfica de México.

En cuanto al número de familias Chamela (México) registro un promedio de 39 familias y los bosques secos ecuatoriales 28. Tomando en cuenta solo árboles con $dap \geq 10\text{cm}$ los bosques secos del ecuador presentan un promedio de 24.5 familias (Gentry 1995).

Las plantas trepadoras son un componente importante de los bosques tropicales. Estructuralmente constituyen gran parte de la vegetación y florísticamente forman un alto porcentaje del número total de especies. Frecuentemente compiten con los árboles por luz y nutrientes, estos últimos se encuentran en desventaja. Las lianas son más numerosas en los trópicos y son muy variables y abundantes en los bosques secundarios de edad avanzada. Sin embargo los bosques secos tienden a presentar pocas hemiepífitas (Gentry 1985).

La riqueza de lianas en bosques secos es notablemente menor que en bosques húmedos y lluviosos, siendo 17 contra 35 (0.1 ha), las regiones antillanas tienen menos especies (5.7) reflejando en parte la estructura diferente de estos bosques (Gentry 1995).

Por otro lado se les ha atribuido un grado de endemismos muy alto. Otro factor que hay que tomar en cuenta es que los organismos que viven en estos bosques han tenido que desarrollar mecanismos que les permitan sobrevivir en ambientes cíclicos muy extremos. Por un lado, tenemos temporadas con sequías muy prolongadas, y por otro lado lluvias torrenciales concentradas en pocos meses, sino semanas (http://bosque_seco.tripod.com/inicio.html).

De acuerdo con Beck *et al.* (2003), en el valle del río Machariapo (La Paz) crecen varias especies típicas de bosque seco (71 familias, 275 especies) con predominancia de leguminosas arbóreas, Cactaceae, Capparaceae y lianas de la familia Bignoniaceae.

C Parcelas Permanentes de Muestreo

Las parcelas permanentes son instrumentos que permiten seguir el crecimiento y rendimiento del bosque, constituyen una de las mejores herramientas del inventario cuantitativo ecológico, que considera la medida de varios parámetros importantes de los individuos y el análisis de su abundancia y distribución como funciones de sus ambientes físicos y bióticos, para poder descifrar los patrones de estructura y composición de los bosques tropicales, relacionándolos al crecimiento, cambios climáticos, producción de biomasa, fenología de las especies arbóreas y usos diversos (Campbell 1994).

El inventario cuantitativo es metodológicamente muy sencillo, empleando técnicas desarrolladas por forestales, para medir la cantidad de madera vendible en una parcela (Campbell 1994), con el propósito de obtener información esencial para ser

utilizada en el momento de tomar decisiones de ordenación forestal respecto a ciclos de corta, diámetros mínimos de corta, volúmenes de corte y otros supuestos planteados en los Planes de Manejo (Bolfor 1999), por eso los parámetros de análisis son pocos: dap, altura de fuste, altura total, análisis de suelos, medidas de luz, y un sistema de coordenadas cartesianas para mapear cada árbol (Campbell 1994).

La recolección y registro de información cualitativa y cuantitativa de los bosques tropicales depende fundamentalmente del proceso de inventario, de la aplicación de métodos adecuados de muestreo, de la disponibilidad de recursos económicos y humanos, así como también del tiempo adecuado para su ejecución (ESFOR 2003), los inventarios son muy pesados y caros, debido a que un solo inventario no dice mucho, pero debe considerarse que lo fundamental de un inventario es el análisis de los datos obtenidos en el campo (Campbell 1994).

El estudio de los bosques tropicales de Sudamérica se ha realizado mediante inventarios de árboles en diferentes áreas, principalmente para estudiar su diversidad florística. Se han aplicado diferentes métodos, como transectos o parcelas de variadas extensiones, tomando en cuenta árboles con diferentes diámetros mínimos a la altura del pecho (dap). Sin embargo como un método estándar se usa, cada vez más, la instalación de parcelas permanentes de una hectárea de superficie, inventariando los árboles con un dap igual o mayor a 10 cm. El uso de un solo método permite una comparación cuantitativa y cualitativa de los sitios estudiados, ofreciendo posibilidades de observación a largo plazo sobre la fenología de las especies y la dinámica del bosque (Seidel 1995).

En cuanto a la medida de la diversidad biológica, parecería que inventarios cuantitativos serían lo más indicado para medir la riqueza de especies (diversidad alfa) de pequeñas parcelas (1ha), por tanto la recolección de especímenes testigo, es un requisito para un inventario riguroso, si las colecciones no se pueden identificar hasta

especie se categorizan en morfoespecies, entonces pueden servir como especies para propósitos de análisis (Campbell 1994).

Según Foster *et al.* (1995), el muestreo con parcelas es bueno, siempre y cuando sean parcelas cuadradas de cualquier tamaño y forma; ya que, estas a diferencia del muestreo visual son cuantitativas y potencialmente rigurosas estadísticamente. Son esenciales para el monitoreo a largo plazo de la vegetación. Si se encuentran convenientemente marcadas, permiten localizar las mismas plantas después de periodos prolongados de tiempo. Son también excelentes para el muestreo de la vegetación, si se usa un número adecuado de ellas. Distribuidas apropiadamente en el área de estudio, un inventario de su contenido puede dar una muy buena medida de la estructura, composición y variabilidad de la vegetación, en ese caso lo ideal para un área grande es tener un gran número de pequeñas parcelas dispersas en este.

Bolfor (1999), recomienda seguir las recomendaciones generales de este método, convenidas en diferentes documentos para disponer de una base de experiencias comunes y de resultados comparables respecto a la instalación y evaluación de parcelas permanentes en los bosques naturales de Bolivia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A Descripción de la zona de estudio

A.1 Lugar, Ubicación y accesibilidad

El presente trabajo de investigación fue realizado en el valle del río Machariapo en la cuenca alta del Tuichi, dentro el ANMI Madidi, ubicado en la región noroeste del departamento de La Paz, Provincia Franz Tamayo.

El camino de acceso al área de estudio parte del pueblo de Apolo, ingresando al ANMI Madidi por el camino Apolo-Asariammas hasta la comunidad de Sipia, atravesando el río Machariapo, se continuó por el margen del arroyo Pintata alrededor de dos horas y media, posteriormente se ascendió media hora por la terraza derecha, hacia la cima. La distancia en línea recta desde Apolo hasta la Parcela Permanente de Muestreo es de aproximadamente 30 km. Las coordenadas geográficas del sitio de estudio son 14°27'55" latitud Sur 68°32'33" longitud Oeste (Figura 2).



Figura 2: Vista panorámica del área de estudio

Figura 3: Mapa de ubicación del área de estudio

A.2 Clima

La región se caracteriza por sus estaciones marcadas, distinguiéndose una época de lluvias y una seca, característica de bosques secos (Figura 4).

No existen estaciones climáticas en el sector de estudio, pero la estación mas próxima es la de Apolo a partir de la cual se pueden inferir algunas tendencias y patrones climáticos para el área.

Apolo tiene una precipitación media de 1.360 mm, la época de lluvia se prolonga de noviembre a marzo. Entre junio y agosto se presentan los promedios mensuales menores a 40 mm. La temperatura media anual es de 20 °C, con una variación mínima y máxima de 5 a 32 °C. La precipitación en el bosque seco es menor que la de Apolo y se estima que la precipitación media en el área de estudio varia de 900 a 1200 mm en el año (Perry *et al.* 1993).

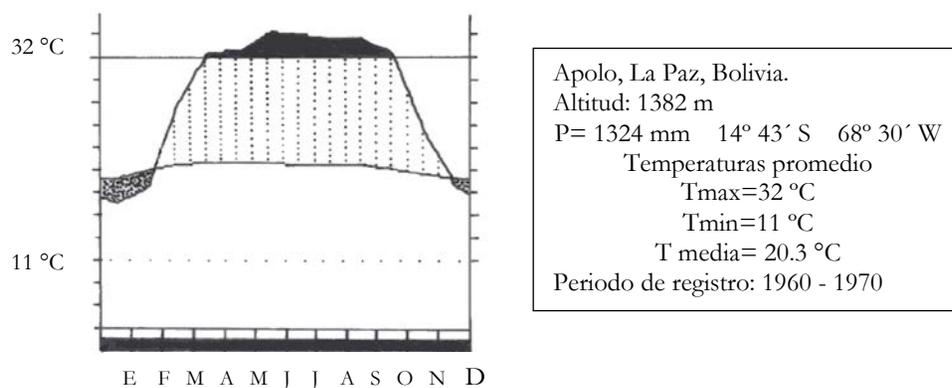


Figura 4: Climadiagrama de la región de Apolo (CIF 1996)

Bioclima: Tropical Pluviestacional

Piso Bioclimático: Termotropical Superior

Ombroclima: Húmedo Inferior.

Según el mapa de precipitación de Mueller *et al.* (2002), la zona de estudio tiene una precipitación anual promedio que fluctúa entre los 1200 a 1400 mm y de 3 a 3.5 meses áridos.

A.3 Hidrografía

La cuenca del Amazonas compartida por Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Bolivia y Guayana; ocupa el 65.9% del territorio boliviano, alcanzando a ramificarse en el país en cinco subcuencas, entre ellas la subcuenca del río Beni, que esta surcada por mas de 120 cursos de agua, figurando como uno de los principales el río Tuichi, el que desemboca en el río Beni después de recibir numerosos afluentes (Montes de Oca 1997). Antes de llegar a la comunidad de Asariamas recibe como afluente al río Machariapo.

A.4 Geomorfología y suelos

El área de estudio presenta un relieve accidentado, sinuoso con quebradas abruptas.

En la región de Apolo, la roca expuesta es un esquisto marrón claro, pero ésta cambia a un esquisto gris en el valle del Río Machariapo, en varios puntos de este valle se intercalan estas dos rocas. Las actuales terrazas tienen a menudo capas profundas de aluvión y de limo. En ocasiones se observa que abanicos aluviales pequeños se irradian a elevaciones mayores y son dominados por esquisto gris, lo que permite que especies típicas del bosque seco ocupen también la zona ribereña. Los mapas geológicos de la región no son detallados, la roca subyacente se atribuye al Periodo Devónico (Perry *et al.* 1993).

Los acantilados de 30 a 50 m de alto dominan el paisaje, el Río Tuichi forma un barranco que corta la Serranía de Asariamas, cerca de la comunidad de Asariamas.

Estos acantilados están compuestos de una mezcla roja y negra de arenisca y cuarcita. Este tipo de roca parece conformar la mayor parte de la serranía, y puede volver a surgir en las crestas cerca de Buena Vista y Nogal. Muchas de estas crestas presentan una roca sedimentaria más suave como esquistos marrón claro, esta roca contribuye al aspecto empinado de los laterales de los cerros, sin embargo la cresta de los cerros mantiene su forma redondeada (Perry *et al.* 1993).

A.5 Vegetación

Estos bosques han sido estudiados florísticamente y comentados fitogeográficamente por numerosos botánicos (Parker & Bailey 1991; Kessler *et al.* 1998; Kessler & Helme 1999 y Bach *et al.* 1999). Sin embargo en sus datos se observa una superposición de listas florísticas de zonas del mismo valle con bioclima realmente xérico y zonas con bioclima pluviestacional subhúmedo inferior. Los bosques xéricos deciduos y los bosques pluviestacionales semideciduos de la zona comparten muchas especies, como Anadenanthera macrocarpa, Astronium urundeuva y Schinopsis brasiliensis; sin embargo en los bosques xéricos se presentan cactáceas como Parodia spp., Cleistocactus spp., Pereskia weberiana y Samaipaticereus inquisivensis, que no penetran en los bosques pluviestacionales donde solo se hallan cactáceas como Cereus aff. tacuaralensis y Opuntia brasiliensis (Navarro & Maldonado 2002).

La flora de los bosques deciduos del valle central del río Tuichi es la más rica en especies de 18 bosques secos de Bolivia, se han registrado 308 especies distribuidas en 71 familias, identificando 13 especies endémicas y 13 especies amenazadas. Las familias con mayor número de especies son las Leguminosae (10 %), Pteridophyta (8 %), Bignoniaceae (7 %), Orchidaceae (5 %), Bromeliaceae (5 %) y Piperaceae (4 %). La vegetación de bosque semideciduo está restringida a la orilla de ríos y arroyos, con especies de los géneros Gallesia, Platymiscium, y Myroxylon, junto con árboles siempreverdes como Clarisia biflora y Ficus juruensis. El árbol dominante es

Anadenanthera colubrina, seguido por especies de los géneros Acacia, Astronium, Schinopsis y Ceiba. Dentro del bosque crecen cactáceas columnares de Cereus sp. junto con ejemplares de Triplaris sp. y Capparis sp., orquídeas y bromeliáceas epífitas. En el estrato arbustivo se tiene Opuntia brasiliensis como dominante (60 individuos por 0.1 ha), Clavija tarapotana y Trichilia elegans (Beck *et al.* 2003).

Navarro & Maldonado (2002), concluyen que en el valle del río Machariapo, en zonas altas, por encima de los 1200 a 1300 m se presenta una vegetación de bosques semidecíduos pluviestacionales, y las zonas bajas del valle por debajo de esa altitud, tienen bosques deciduos xéricos, observándose claramente que estos bosques se encuentran en contacto en este valle.

A.6 Fauna

En los inventarios de la avifauna realizados en el valle central del río Tuichi, fueron registradas 275 especies de aves, incluyendo los registros de una especie nueva para Bolivia (Basileuterus chrysogaster), cuatro especies nuevas para el departamento de La Paz (Dendrocygna viduata, Buteo albonotatus, Micrastur semitorquatus y Cyanerpes cyaneus) y cinco especies adicionales (Neomorphus geoffroyi, Myrmotherula grisea, Herpsilochmus sp., Cranioleuca sp. y Oxyruncus cristatus), para los cuales se obtuvo notables registros. Biogeográficamente la avifauna represento una interesante mezcla de especies de habitats secos y abiertos, bosque lluvioso de tierras bajas amazónicas, bosques lluviosos de baja montaña y especies con un amplio rango altitudinal. Observándose alta diversidad, una singular mezcla biogeográfica de especies de aves y la presencia de especies raras, no descritas, amenazadas y de rango restringido (Perry *et al.* 1997).

En el valle seco de la parte superior del río Tuichi, se registro un total de 32 especies de mamíferos medianos y grandes. Por información de los comunarios se

registraron siete especies (Bradypus variegatus, Myrmecophaga tridáctila, Tamandua tetradáctila, Callicebus sp., Herpailurus yaguarondi, Nasua nasua y Tayassu pecari); por avistamiento, se registraron ocho especies (siendo los mas vistos los primates Ateles chamek y Sciurus spadiceus); con relación a las huellas se registraron seis especies (las mas registradas fueron Mazama americana y Tapirus terrestris) (Ríos *et al.* 2001).

A.7 Uso de las especies del bosque seco

Según Beck *et al.* (2003), alrededor de estos bosques existe un uso extractivo para la obtención de incienso (Clusia sp.), copal (Protium aff. pilosum), bálsamo (Myroxylon balsamum) y frutos de palmeras en las zonas mas húmedas.

La principal amenaza para estos bosques es el desmonte asociado a la apertura de nuevos caminos. El bosque seco es utilizado principalmente como fuente de leña y carbón (p.e. Anadenanthera colubrina), madera (leguminosas, anacardiáceas) y taninos (Aspidosperma sp.). Las especies suculentas como cactáceas, bromeliáceas y helechos (Platyserium andinum) tienen importancia ornamental potencial (Beck *et al.* 2003).

B Materiales

B.1 Materiales de Campo

- Mapa de vegetación del PN-ANMI Madidi
- Mapa topográfico
- Libreta de campo
- Planillas de campo
- Lápices y marcadores
- Lápices de cera
- Cinta diamétrica
- Cinta de 50 m
- Receptor de GPS (Global Positioning System)
- Brújula
- Altimetro
- Clinómetro
- Placas de aluminio (6 x 2 cm)
- Clavos de aluminio (3")

- Martillo
- Binoculares
- Lupa
- Cámara fotográfica
- Tijeras de podar
- Pico de loro
- Trepadores
- Machetes
- Tubos de PVC (1/2 pulgada)
de 50 cm de largo
- Jalones de 1.50 cm
- Pintura roja en spray
- Cintas flagging rojo y
amarillo
- Cinta adhesiva
- Bolsas de polietileno
(30x42cm)
- Bolsas de polietileno negras
- Pita de plástico
- Prensas
- Correas
- Papel periódico
- Cartón
- Secadora de campo
- Mantas de aluminio
- Alcohol
- Kerosén
- Estufas

B.2 Materiales de Gabinete

- Claves botánicas
- Especímenes identificados
del Herbario Nacional de
Bolivia
- Lupa
- Estéreo microscopio
- Agujas de disección
- Pinzas
- Bisturí
- Material de escritorio
- Marcadores indelebles
- Papel periódico
- Fólderes de papel craft

C Métodos

C.1 Sitio de estudio

La localización del sitio y tipo de bosque en el que se realizó el inventario, fue definido mediante la interpretación del Mapa de Vegetación de Madidi, Apolobamba y Pílon Lajas (Departamento de Geografía, Museo Noel Kempff Mercado, escala 1:250.000, borrador preliminar) y una carta topográfica escala 1:100.000 de Asariamas (Defense Mapping Agency, Serie H632, hoja 3142). Se realizó un recorrido por el área y se ubicó un ambiente representativo de bosque primario, sin evidencia de disturbios recientes, además se tomó en cuenta su accesibilidad, y su homogeneidad ecológica y fisonómica.

El trabajo de campo se realizó del 12 de febrero al 11 de marzo de 2003.

C.2 Levantamiento de información dasométrica

C.2.a Forma e Instalación de la Parcela

El inventario de la vegetación arbórea, se realizó mediante la instalación de una Parcela Permanente de Muestreo (PPM) de 1 hectárea. La que tuvo que adecuarse a la forma de una L invertida, debido a que el relieve del terreno era irregular (Figura 5). Las coordenadas de los puntos extremos de la parcela son entre los $14^{\circ} 27' 54''$ y $14^{\circ} 27' 55''$ latitud Sur y entre los $68^{\circ} 32' 33''$ y $68^{\circ} 32' 25''$ longitud Oeste.

La instalación de la parcela se inició ubicando un punto de origen en la esquina SW de la cual se tomó las coordenadas con GPS ($14^{\circ}27'55''$ S $68^{\circ}32'33''$ W), este fue el vértice principal de la parcela, a partir del cual se tomó el rumbo con ayuda de una brújula (Figura 6), y se trazó la línea madre o línea principal, que posteriormente se utilizó para delimitar la parcela y finalmente las 25 subparcelas de 20 x 20 m.

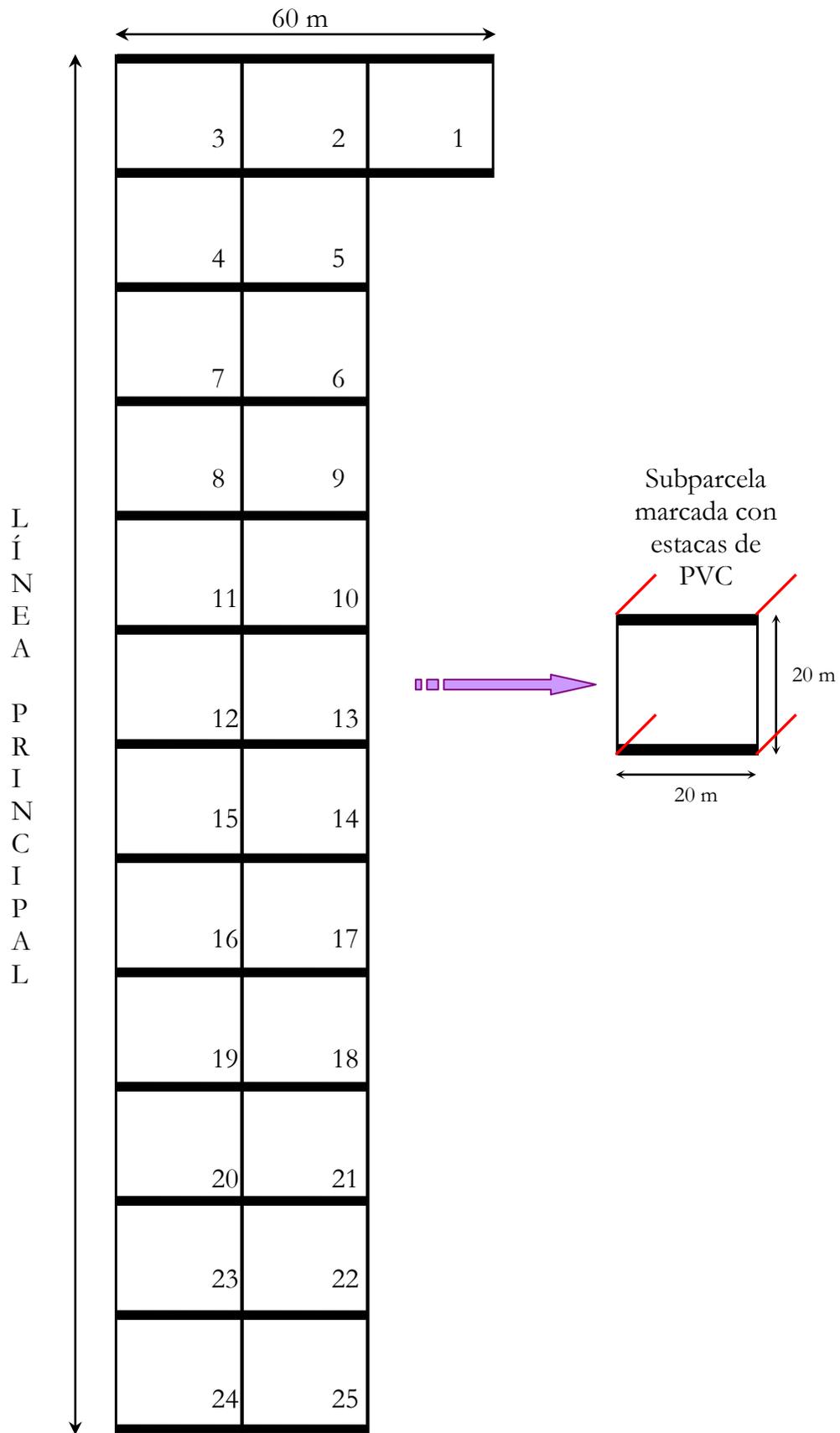


Figura 5: Croquis de la Parcela Permanente de Muestreo

Al lado de la línea madre se abrió una senda de 1 m de ancho para usarla como acceso y zona de amortiguamiento de la parcela, se transito por ella, para no alterar la estructura de la vegetación.

A medida que se trazaba la línea madre, se fueron colocando jalones de 1.5 m de largo cada 20 m (Figura 8), los cuales estaban marcados con pintura roja e indicaban en una cinta flagging el valor de la distancia acumulada, esto se utilizó en la demarcación de las subparcelas.

Las esquinas de las subparcelas se marcaron con tubos PVC de ½ pulgada de diámetro y 50 cm de largo, pintados de color rojo en su parte superior (Figura 7 y 8), los que identificarán permanentemente a las subparcelas, incluso para las siguientes remediciones.



Figura 6: Tomando el rumbo para la instalación de la PPM



Figura 7: Pintando las estacas de PVC

Para ayudar en la estimación de las coordenadas (X, Y) de los individuos evaluados se usaron jalones de 1.50 m de alto marcados con cintas flagging de color

amarillo, los que fueron ubicados cada 10 m entre los jalones marcados con cinta flagging roja.



Figura 8: a) Esquina de la subparcela marcada con la estaca de PVC. b) Esquina marcada con el jalón de 1.5 m de largo y la estaca de PVC

C.2.b Variables dasométricas

Se consideraron las siguientes variables dasométricas:

- Diámetro a la Altura del Pecho (dap), definida como la medida del diámetro a 1.30 cm del suelo (Figura 9), las Figuras 10 y 11 muestran los métodos usados para medir el dap en diferentes circunstancias.
- Altura total del árbol
- Altura del fuste, que se refiere a la altura desde el suelo hasta la primera rama

Se inventariaron todos los árboles y lianas con un dap igual o mayor a 10 cm y se estimó visualmente la altura total y la altura de fuste de todos los árboles inventariados.



Figura 9: Tomando la medida del dap

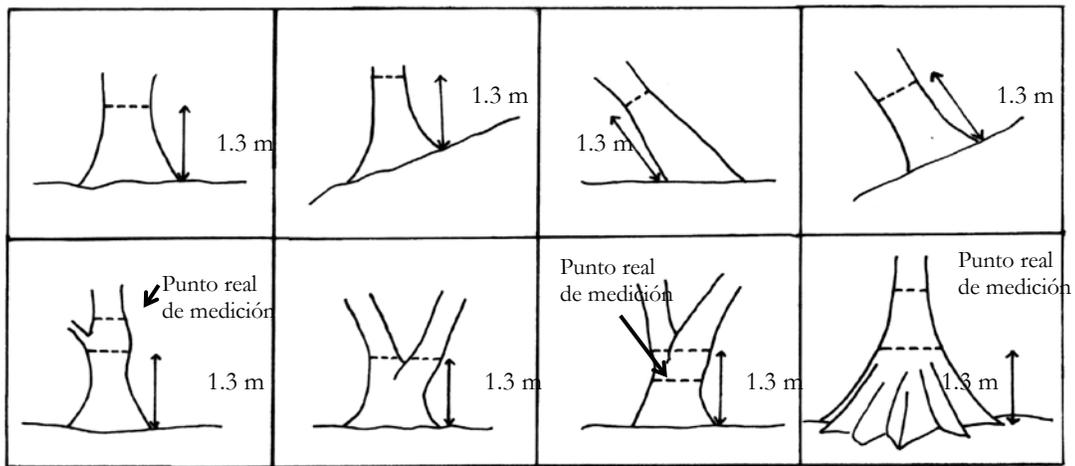


Figura 10: Métodos para medir el dap

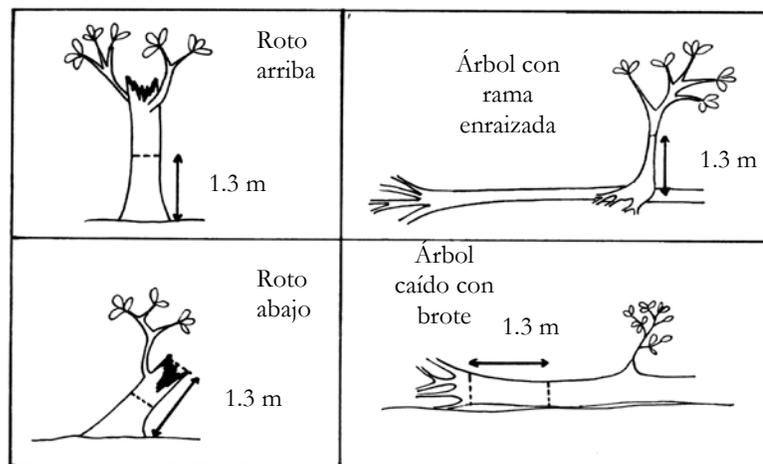


Figura 11: Métodos para medir el dap en troncos irregulares

C.2.c Variables ecológicas

- Posición de la copa con respecto a la luz solar (Dawkins 1958) (Figura 12):

Categoría 1: Emergente, copa vertical y horizontalmente expuesta a la luz.

Categoría 2: Dominante, copa con la parte superior plenamente expuesta al sol.

Categoría 3: Codominante, la parte superior de la copa esta expuesta al sol.

Categoría 4: Intermedia, la parte superior de la copa totalmente sombreada, pero esta expuesta a la luz lateral directa.

Categoría 5: Suprimida, también denominada como “árboles con ausencia de luz”, se ubican debajo del dosel, de modo que reciben luz indirecta.

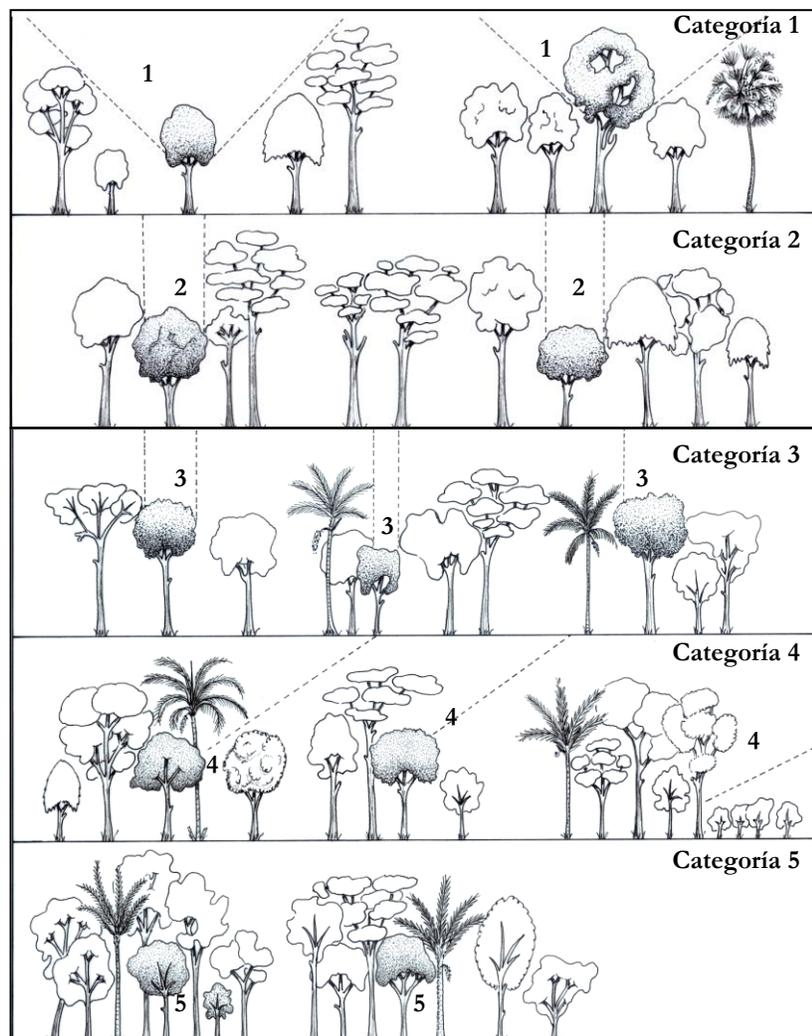


Figura 12: Categorías de Posición de copa

- Forma de la copa (Dawkins 1958) (Figura 13):

Categoría 1: Perfecta, presenta el mejor tamaño y forma, amplia plana circular y simétrica.

Categoría 2: Buena, similar a la anterior con alguna asimetría leve.

Categoría 3: Tolerable, evidentemente asimétrica o rala.

Categoría 4: Pobre, con presencia de una grave muerte progresiva, fuertemente asimétrica y con pocas ramas.

Categoría 5: Muy pobre, muy degradada o suprimida, muy dañada.

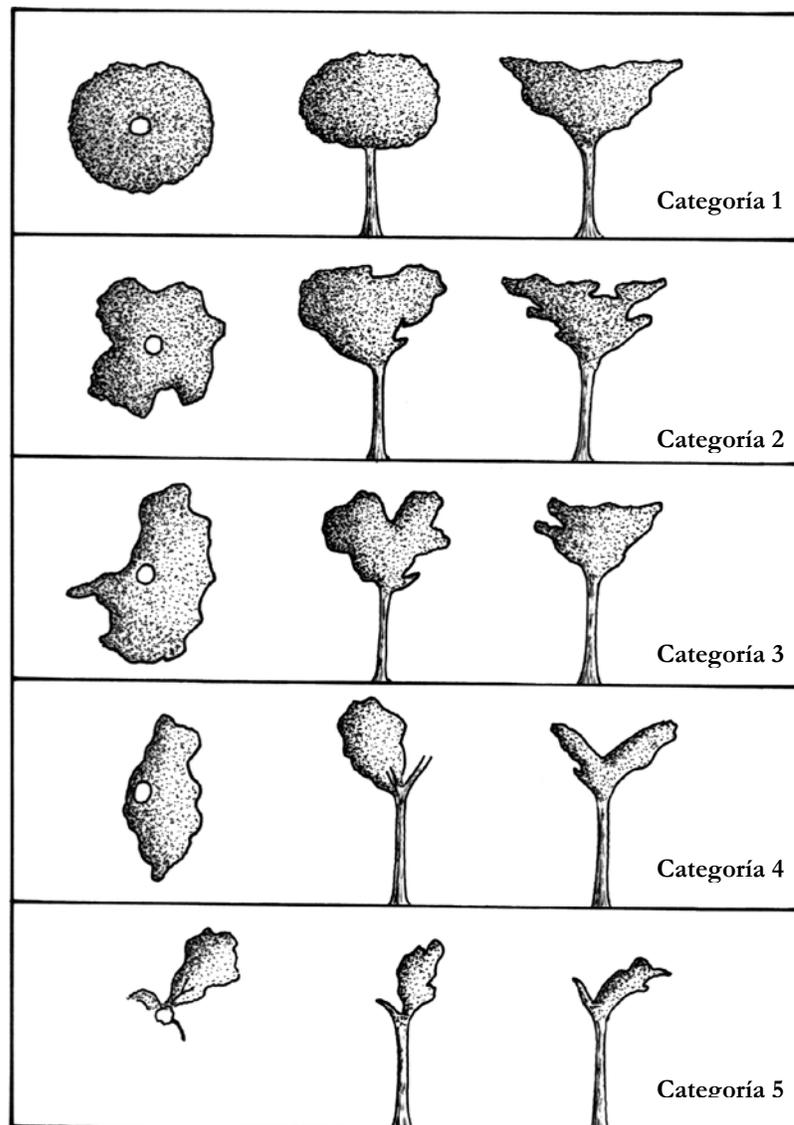


Figura 13: Categorías de Forma de copa

- Infestación de lianas y bejucos (Lowe y Walker 1977) (Figura 14):

Grado 1: Libre de bejucos.

Grado 2: Presencia de bejucos en el fuste.

Grado 3: Presencia leve de bejucos en el fuste y la copa.

Grado 4: Presencia completa de bejucos en el fuste y copa.

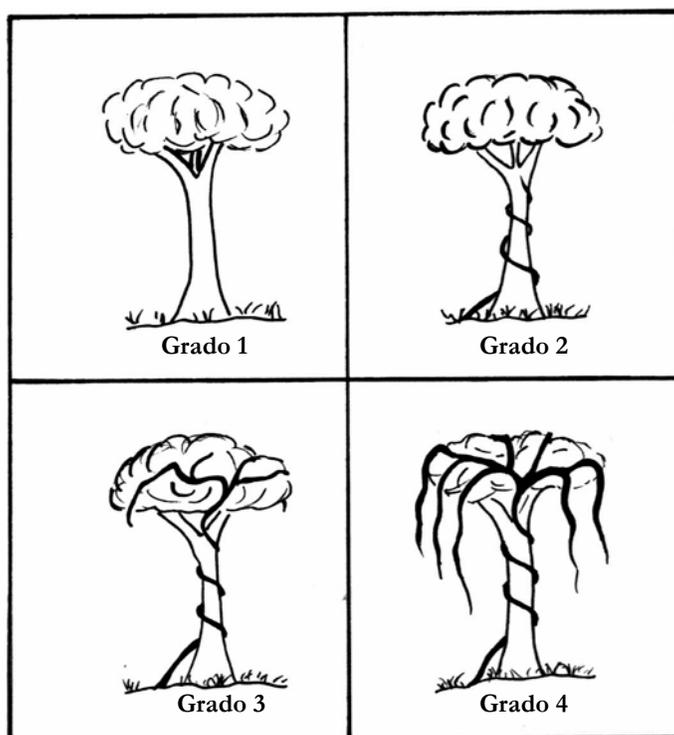


Figura 14: Grado de infestación de lianas y bejucos

La toma de datos se realizó considerando a las subparcelas como un plano cartesiano, para ubicar a cada árbol mediante coordenadas X y Y, dentro de las subparcelas. Además de las variables dasométricas y ecológicas, de cada individuo se registraron los siguientes datos mínimos (Anexo):

- Número de subparcela
- Número de placa
- Número de colección

- Nombre común
- Familia botánica
- Nombre científico
- Coordenadas (X, Y)
- Estado fenológico
- Observaciones de campo

Simultáneamente al registro de esta información, se coleccionó una muestra testigo de cada especie registrada como diferente (morfoespecie). Se colectaron 4 especímenes de cada individuo estéril y 8 especímenes de los individuos fértiles, el material botánico fue prensado y secado en campo. Se usó una secadora de campo y estufas a kerosén (Figura 15 y 16).



Figura 15: Prensando los especímenes en el campo

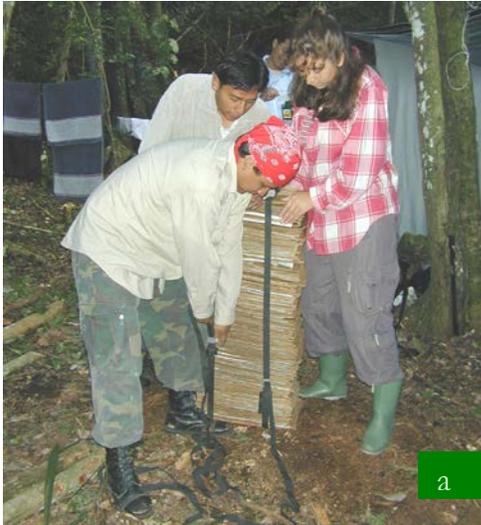


Figura 16: a) Prensando los especímenes. b) Preparando la secadora de campo para el secado de los especímenes

C.2.d Plaqueado y numeración de árboles

Se usaron placas de aluminio numeradas correlativamente de 6 x 2 cm para identificar a cada individuo, estas fueron clavadas en los troncos de los árboles a 1.50 m del suelo, 20 cm por encima del punto de medición del dap, todas las placas se orientaron con vista hacia la línea principal, para facilitar su ubicación en las subsecuentes remediciones (Figura 17).

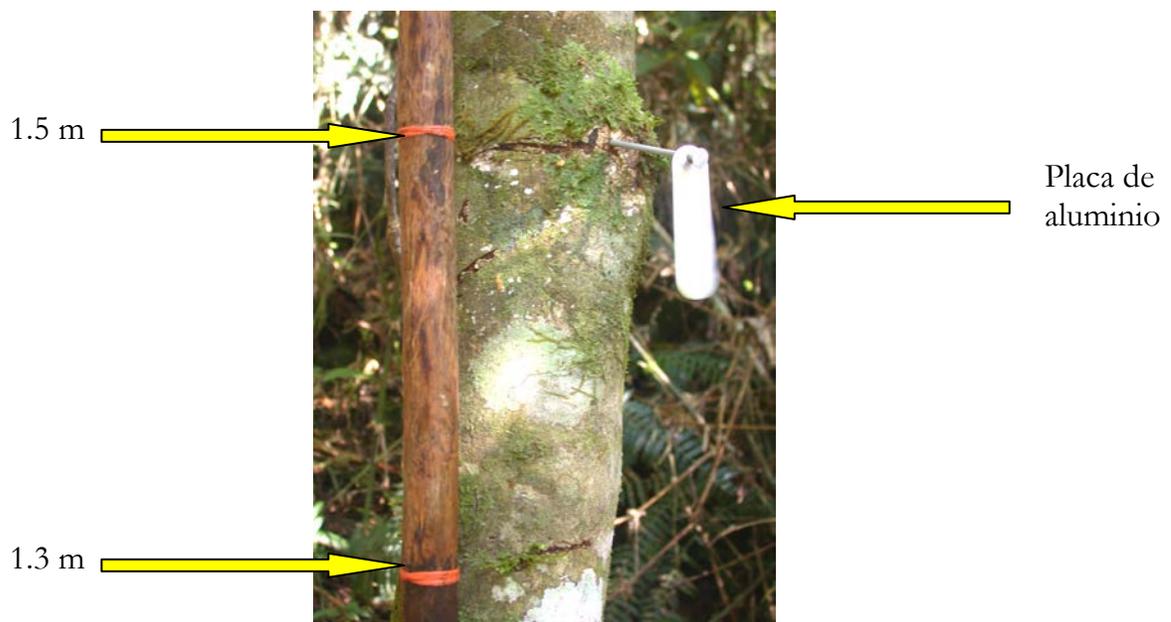


Figura 17: Ubicación de la placa de aluminio

C.2.e Suelo

Se tomaron tres muestras de suelo, quitando la capa de hojarasca y detritos, a una profundidad entre 20 y 40 cm. Estas muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz. El análisis contiene los parámetros de pH, Conductividad eléctrica, cationes intercambiables, Materia orgánica, el contenido total de los elementos y textura.

C.3 Identificación taxonómica

Las colecciones resultantes del trabajo de campo se procesaron y depositaron en dependencias del Herbario Nacional de Bolivia (LPB). A continuación, se procedió a separar el material botánico en morfoespecies (Figura 18).



Figura 18: Separando el material vegetal en morfoespecies

La identificación taxonómica del material botánico coleccionado y parcialmente identificado en campo se efectuó, a través de claves botánicas, comparación con

especímenes montados de la colección del Herbario Nacional de Bolivia (LPB) y con el apoyo de especialistas botánicos, especialmente del Missouri Botanical Garden (MO).

Una colección completa de referencia de la parcela se encuentra en el LPB, duplicados fértiles o estériles fueron enviados al Jardín Botánico de Missouri (MO), y solo duplicados fértiles e identificados hasta especie se depositaron en el Herbario del Oriente Boliviano (USZ) en Santa Cruz y Herbario Nacional Forestal “Martín Cárdenas” (BOLV) en Cochabamba.

La información de los especímenes fue incluida en el banco de datos del Missouri Botanical Garden: W³ TROPICOS accesible por Internet (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>).

C.4 Procesamiento de datos

Una vez concluida y depurada la base de datos de la PPM, que incluye los datos de campo y las identificaciones del material botánico, se efectuó la evaluación cuantitativa.

C.4.a Abundancia

Generalmente se mide, cuenta o estima un valor que caracteriza cuantitativamente la presencia de cada especie en la muestra o en el área de observación definida. La densidad (número de individuos por unidad de superficie), la cobertura (porcentaje de terreno ocupado por la proyección de la parte aérea de un conjunto de plantas), o la biomasa (gramos de materia seca por unidad de superficie) se consideran tradicionalmente las variables con las que se expresa la abundancia de una especie (Graf & Sayagués 2000).

La Abundancia absoluta es el número de tallos de una sola clase de tamaño en particular registrados en cada subparcela y se expresa como densidad de tallos por hectárea (Killen 1997).

Se calculó la abundancia relativa relacionando el número de individuos de una especie determinada, con el total de individuos encontrados en la parcela.

C.4.b Área Basal

El Área Basal es la suma de la superficie de un corte transversal a la altura del pecho y se presenta como m²/ha para varias clases de tamaño, formas de vida (Killen 1997) y especies, se obtuvo transformando el dap de cada individuo, mediante la formula propuesta por Graf & Sayagués (2000):

$$\text{Area basal} = \pi (D^2/4)$$

Donde:

$$\pi = 3.141592$$

D = Diámetro a la altura del pecho

C.4.c Dominancia

La Dominancia es una indicación de la abundancia relativa de una especie. No ha sido definida de manera clara y precisa. En la práctica se considera dominante aquella categoría vegetal que es la más notable en la comunidad, ya sea por su altura o su cobertura o su densidad; es decir puede estimarse a base de cualquiera de las variables de abundancia. Se expresa en valores absolutos por unidad de superficie o valores relativos. En las ciencias forestales la dominancia se mide en función del área basal de la especie (Mateucci & Colma 1982).

Según Mateucci & Colma (1982), la dominancia relativa es el área basal relativa. Se estimó en base al Área Basal total de una especie, sobre la suma del Área Basal de todas las especies.

$$\text{Dominancia relativa} = (\text{AB sp} / \text{AB total}) \times 100$$

Donde:

AB sp = Área Basal de la especie

AB total = Área Basal total

C.4.d Frecuencia

La frecuencia corresponde al número de subparcelas donde se registro por lo menos un tallo de una especie (Killen 1997). Según Graf & Sayagués (2000), representa la homogeneidad o heterogeneidad de la vegetación, la uniformidad de la distribución de la especie en el espacio de referencia y la probabilidad de encontrarla.

La frecuencia absoluta se define como el número de subparcelas en que aparece la especie sobre el número total de subparcelas y se expresa en porcentaje, el 100 % indica la existencia de una especie en todas las subparcelas. Las relaciones de frecuencias se pueden representar en 5 clases (Cuadro 3) (Lamprecht 1990):

Cuadro 3: Clases de frecuencia absoluta

Clase	Frecuencia absoluta (%)
I	1 – 20
II	21 – 40
III	41 – 60
IV	61 – 80
V	81 - 100

Fuente: Lamprecht (1990)

La frecuencia relativa se calculó en base a las frecuencias absolutas de cada especie sobre la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies encontradas (Graf & Sayagués 2000).

$$\text{Frecuencia relativa} = (\text{Fa sp} / \text{Fa total}) \times 100$$

Donde:

FA especie = Frecuencia absoluta de la especie

FA total = Suma de las Frecuencias absolutas de todas las especies

C.4.e Diversidad Relativa

Expresa la relación porcentual entre el número de especies de una determinada familia y el número total de especies encontradas.

$$\text{Diversidad relativa} = (\text{N}^\circ \text{ sp} / \text{N}^\circ \text{ total sp}) \times 100$$

Donde:

N° sp = Número de especies de una familia

N° total sp = Número total de especies encontradas

C.4.f Índice de Valor de Importancia

Cuando el objetivo del estudio de la vegetación es arribar a un valor representativo y comparable de cada categoría, frecuentemente se procede a la combinación de las variables en índices, como el Índice de Valor de Importancia de una especie o familia (Graf & Sayagués 2000).

El Índice de Valor de Importancia (IVI) fue propuesto por Curtis & McIntosh en los años '50, para sintetizar en un único valor: la densidad, área basal y frecuencias

relativas de cada una de las diferentes especies forestales en bosques de Estados Unidos.

Este índice pondera aspectos numéricos de la población, las dimensiones de los árboles y la uniformidad territorial en la distribución de las especies.

Se realizaron los cálculos del Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada especie y familia. Se obtuvo al sumar valores de frecuencia, abundancia y dominancia (que corresponden al dap).

$$\mathbf{IVI} = (\mathbf{FR} + \mathbf{AR} + \mathbf{DR}) / 3$$

Donde:

IVI = Índice de Valor de Importancia

FR = Frecuencia relativa

AR = Abundancia relativa

DR = Dominancia relativa

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A Composición florística

A.1 Abundancia

En la parcela se censaron un total de 697 individuos ($dap \geq 10$ cm) por hectárea; que corresponden a 694 árboles y 3 lianas, distribuidos en 51 especies, 44 géneros y 24 familias.

Las seis especies más abundantes fueron Phyllostylon rhamnoides (chaki caspi), Trichilia sp. (mujllu caspi), Anadenanthera colubrina (wilca, curupau), Ximenia americana (limón limón), Machaerium scleroxylon (jacaranda) y Terminalia triflora (rubia pichana) (Figura 19); 34 especies estuvieron representadas por menos de 30 individuos y 12 especies fueron representadas por un solo individuo. En general el número de especies de los bosques secos no es alto por las limitaciones en el abastecimiento de agua o por la sequía prolongada, pero tienen una alta proporción de especies endémicas. (Anexo [lista total de abundancia](#))

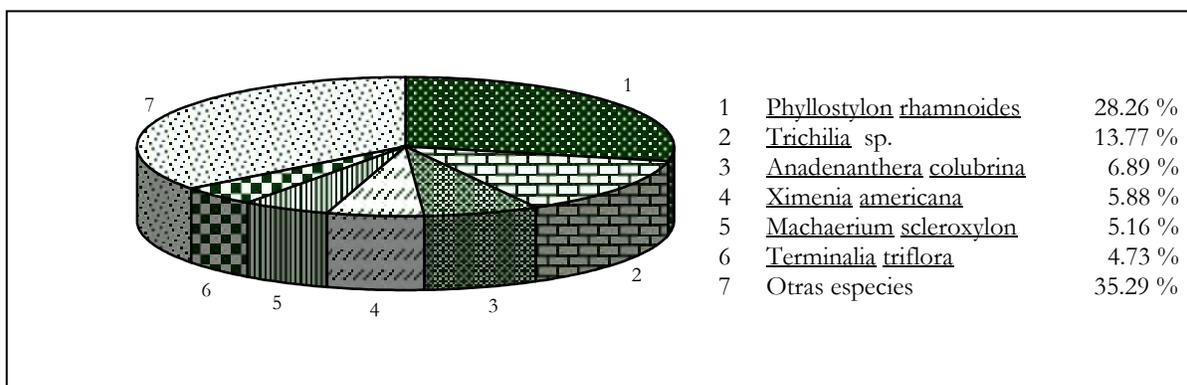


Figura 19: Especies más abundantes encontradas en la PPM

Los géneros más importantes por el número de individuos fueron: Phyllostylon (197 individuos), Trichilia (102 individuos), Anadenanthera (48 individuos), Ximenia (41 individuos), Machaerium (36 individuos), Terminalia (33 individuos) y Capparis (31 individuos), los géneros restantes presentaron menos de 20 individuos.

Las familias más abundantes fueron Ulmaceae, Fabaceae, Meliaceae, Olacaceae, Combretaceae, Capparaceae y Polygonaceae, el resto de las familias tiene menos de 20 individuos (Figura 20) (Anexos [Lista con numero de individuos por familia](#)).

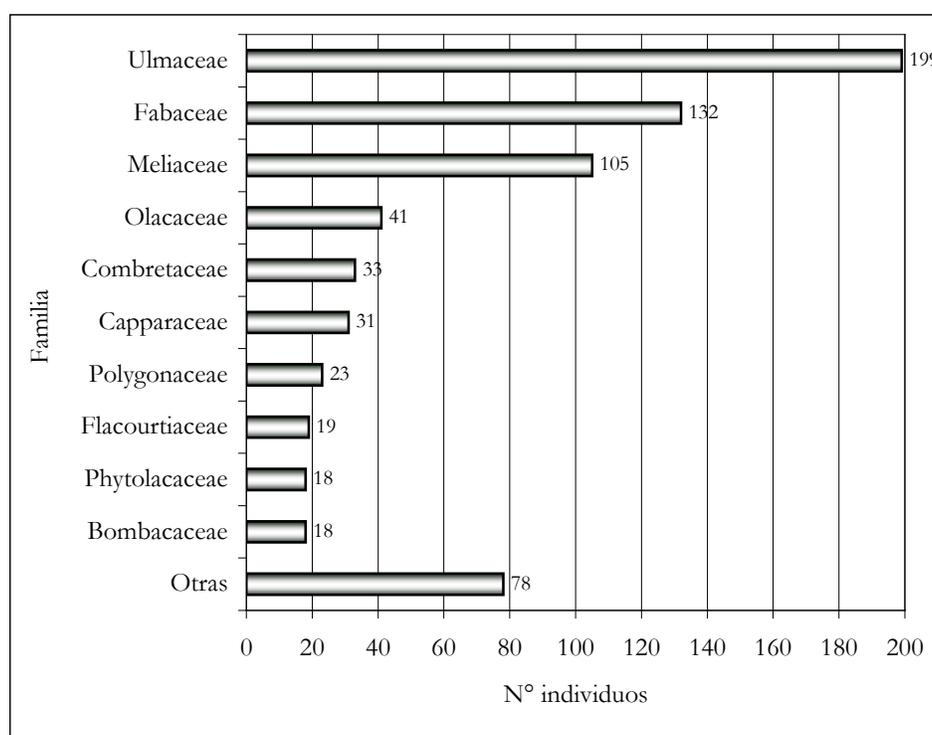


Figura 20: Familias más abundantes de la PPM

Phyllostylon rhamnoides de la familia Ulmaceae, es la especie mas abundante de la PPM, en Bolivia está presente también en el Bosque Seco Chiquitano, siendo común de los bosques secos del Gran Chaco; Jardim *et al.* (2003), asegura que es un especie que crece sobre suelos ricos, en bosques semidecídus, pero especialmente en bosques ribereños y en valles mal drenados; López (1993), asevera que esta distribuida desde México, el Caribe hasta Brasil y Argentina, especialmente en bosques xerofíticos y

estacionalmente secos; Jardim *et al.* (2003), también señala que esta presente en otros países sudamericanos como Argentina, Brasil y Paraguay, así como también en Mesoamérica (Guatemala, Honduras, México y Nicaragua).

Esta especie tan abundante en la parcela nos da pautas sobre el tipo de suelo de la PPM, la cual debido a la topografía ondulada puede presentar problemas de drenaje, lo que concuerda con la característica señalada por Jardim *et al.* (2003).

Trichilia sp. una Meliaceae, esta considerada como una nueva especies para la ciencia, la cual a sido registrada solo en los bosques secos del Tuichi.

En cuanto a Anadenanthera colubrina una Fabaceae, que se presenta como la tercera especie mas abundante en la PPM, según Jardim *et al.* (2003) y Mostacedo *et al.* (2001), es la especie más común, abundante y con mayor área basal del Bosque Chiquitano, encontrándose en casi todos los ambientes, desde el bosque semidecídúo bien drenado hasta el bosque ribereño, su distribución en Sudamérica llega hasta Argentina, Brasil, Paraguay y Perú.

A.2 Frecuencia

Las frecuencias absolutas indican que el bosque tiene una composición heterogénea; en la Figura 21, se puede observar que la mayor parte de las especies (73.08%), están ubicadas en las clases de frecuencia absoluta I y II, lo que significa una heterogeneidad acentuada en la vegetación.

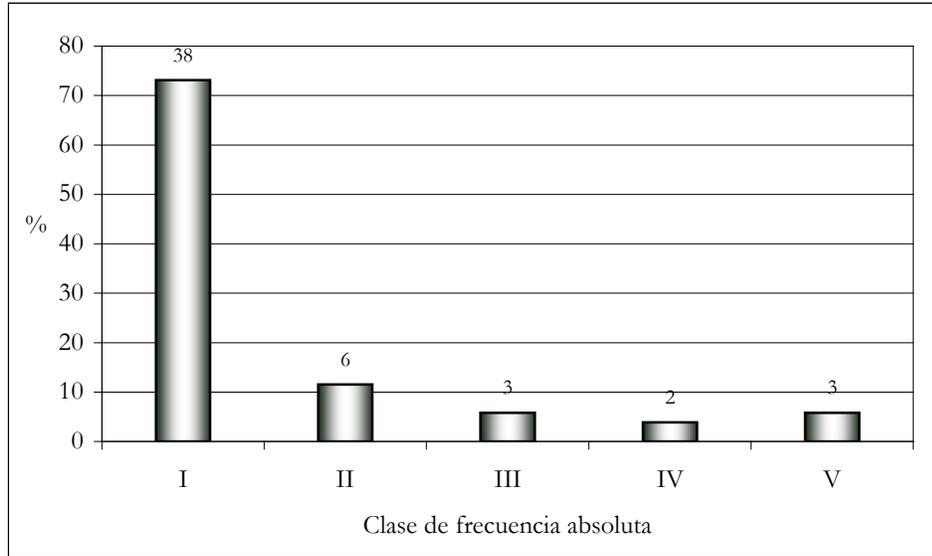


Figura 21: Diagrama de frecuencias absolutas. El número sobre las barras corresponde al de especies

Las familias más frecuentes fueron Ulmaceae, Fabaceae, Meliaceae, Olacaceae, Capparaceae, Combretaceae, Bombacaceae y Flacourtiaceae, las cuales estuvieron presentes en más del 50 % de las subparcelas (Anexo [Lista total de especies, abun, frec](#))

Las especies más frecuentes fueron Phyllostylon rhamnoides (8.80%), Anadenanthera colubrina (8.10%), Trichilia sp. (7.75%), Ximenia americana (6.69%), Machaerium scleroxylon (6.34%), Terminalia triflora (5.28%), Banara tomentosa (4.23%) y Capparis polyantha (3.87%) (Anexo [Lista total](#)).

A.3 Dominancia o Área basal

El Área basal (AB) de la PPM fue de 19.96 m²/ha, bajo este contexto las clases diamétricas 10 a 40 cm presentan el 83.99% del AB; el otro 16.01% es aportado por los árboles con un dap superior a 40 cm (Cuadro 3).

Cuadro 3: Resumen de Área basal y numero de individuos por clase diamétrica

Clase de dap (cm)	Individuos		Área basal		Área basal acumulada	
	N°/ha	%	m ² /ha	%	m ² /ha	%
10 – 20	526	75.47	7.43	37.24	7.43	37.24
20 – 30	108	15.49	4.92	24.64	12.35	61.88
30 – 40	47	6.74	4.41	22.12	16.76	83.99
40 – 50	8	1.15	1.20	6.03	17.97	90.02
50 – 60	7	1.00	1.61	8.06	19.57	98.08
60 – 70	1	0.14	0.38	1.92	19.96	100
Total	697	100	19.96	100	19.96	100

La mayor cantidad de AB, como se puede observar en el Cuadro 3 y la Figura 22, se concentra entre las clases diamétricas 10 y 40 cm; dentro de este intervalo se tiene un valor de 16.76 m²/ha, el cual resulta ser el 83.98% de toda el AB; esta concentración, esta influenciada por la abundancia de especies en las clases de diámetro menores. A partir de 40 cm de dap el AB disminuye significativamente a 3.19 m²/ha, lo que representa el 16.02% del AB.

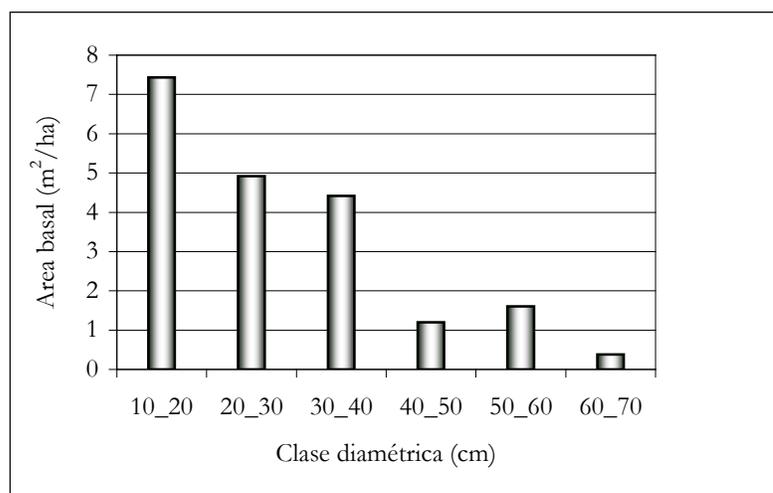


Figura 22: Distribución del área basal por clase diamétrica

Las familias claramente dominantes en la parcela fueron: Fabaceae (6.836 m²/ha) , Ulmaceae (6.295 m²/ha) y muy de lejos Meliaceae (1.353 m²/ha), estas tres familias concentran el 72.57% del AB.

Según Gentry (1995), una gran magnitud de bosques secos son dominados por dos familias: Fabaceae que normalmente es la familia arborescente y Bignoniaceae la familia dominante de las lianas, en generalmente dentro de estos bosques la mayoría de las familias están ausentes o mal representadas.

En este caso la familia dominante coincide con lo aseverado por Gentry (1995), siendo Fabaceae la familia con mayor AB; sin embargo en la PPM la familia única y por tanto dominante de las lianas es Sapindaceae, quizá se debe a que los datos de Gentry, se basan en parcelas de 0.1 ha y $dap \geq 2.5\text{cm}$.

A.4 Importancia ecológica

A.4.a Índice de Valor de Importancia por especie

La importancia ecológica de las especies existentes fue estimada a través del Índice de Valor de Importancia (IVI), con base en este parámetro se encontró el peso ecológico aportado por cada una, en orden de importancia son: Phyllostylon rhamnoides, Anadenanthera colubrina, Trichilia sp. (LC-142), Ximenia americana, Machaerium scleroxylon y Terminalia triflora. El [Anexo](#) presenta los valores para todas las especies y la Figura 23 muestra la relación porcentual de las seis especies que presentan los valores más altos. Debe notarse que aproximadamente 1/3 del IVI total está conformado por Phyllostylon rhamnoides y Anadenanthera colubrina.

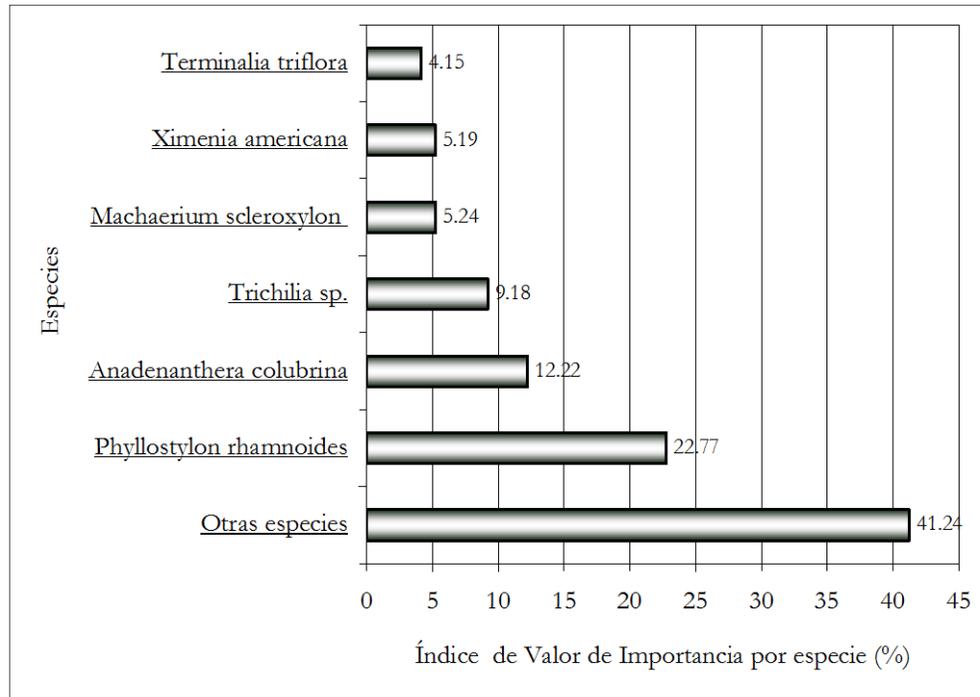


Figura 23: Representación porcentual del Índice de Valor de Importancia por especie

Por otro lado, algunas especies con alto valor en el IVI, han sido influenciadas claramente por su dominancia.

Campbell (1994), denomina a este tipo de vegetación como: comunidades oligárquicas de plantas, debido a que cada bosque inventariado en la amazonía tiene sin excepción 3 a 5 especies desmedidamente importantes, y una predominancia de especies que son de una importancia insignificante, con densidades de una a dos en muestras de hasta 3 hectáreas. Bosques de este tipo son calificados como “oligárquicos”.

A.4.b Índice de Valor de Importancia por familia

Las familias más importantes dentro la PPM fueron Ulmaceae, Fabaceae y Meliaceae que obtuvieron los porcentajes mas altos de IVI familiar, un poco mas lejos se encontraron cuatro familias con valores similares de importancia: Olacaceae,

Capparaceae, Combretaceae y Bombacaceae , el resto de las familias tiene valores de IVI familiar bajos en comparación a las familias mas importantes (Figura 24).

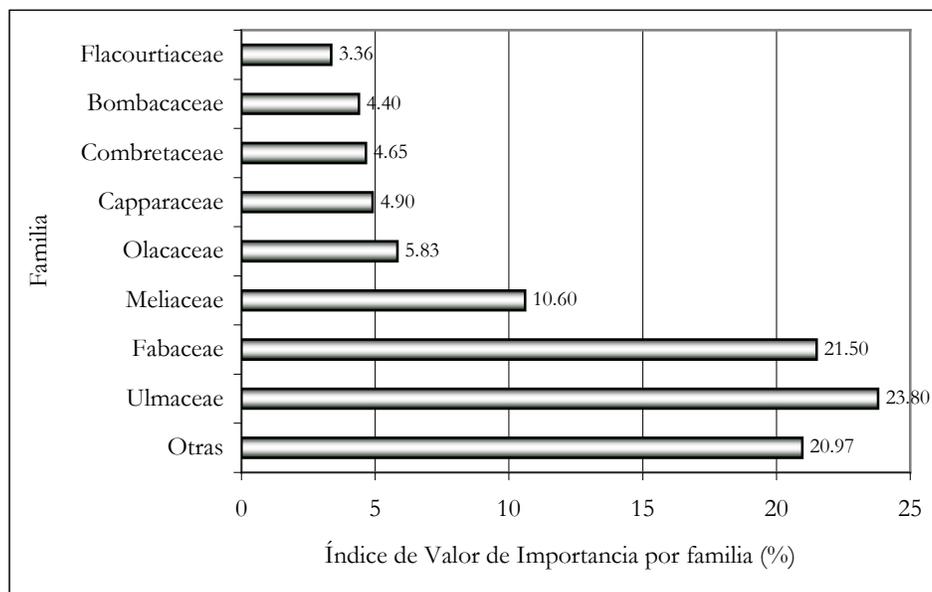


Figura 24: Representación porcentual del Índice de Valor de Importancia por familia

A.5 Diversidad

A.5.a Familias

Las familias más diversas encontradas en la PPM son: Fabaceae (10 spp.), Myrtaceae (4 spp.), Bombacaceae, Cactaceae, Flacourtiaceae, Meliaceae y Polygonaceae (3 spp.), coincidiendo con Kessler y Helme (1999), los que reportaron a Fabaceae como la familia con mayor número de especies en el bosque seco andino, esto coincide además con la característica general de los bosques secos, que es tener numerosos representantes de Fabaceae.

La medida de la diversidad en las parcelas, se ve afectada por el uso de metodologías estandarizadas que solo consideran árboles ($dap \geq 10cm$) y se excluyen grupos herbáceos, musgos y helechos (Henderson *et al.* 1991).

A.5.b Curva área - especie

La relación entre el área muestreada por subparcela y el número de especies registradas en una hectárea, nos muestra que el área de muestreo fue representativa. El 82% de las especies aparecen hasta la subparcela 13, que representa los primeros 5200 m² (Figura 25), a pesar que en las siguientes subparcelas existe un incremento este es solo del 18%.

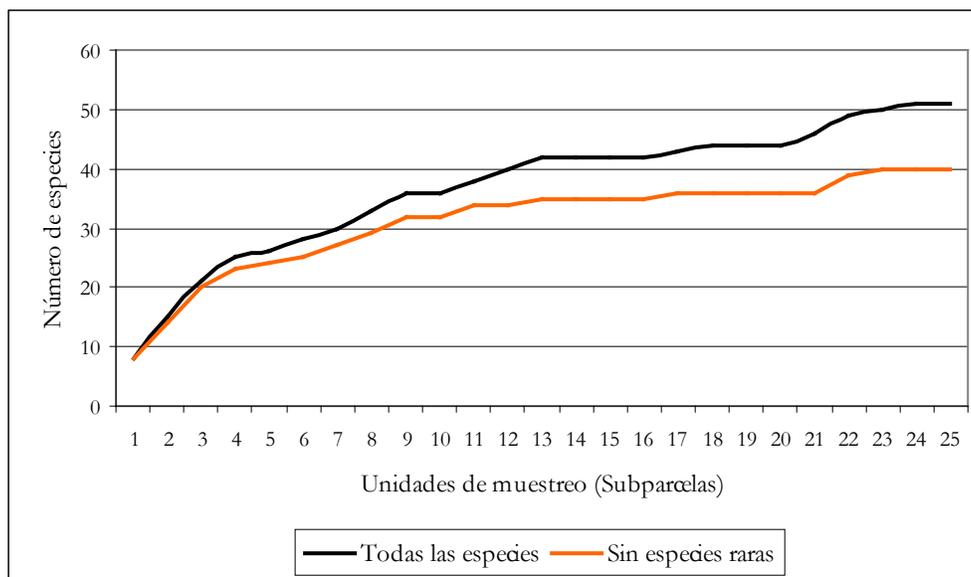


Figura 25: Relación de especies por área

Comparando la curva área-especie que incluye a todas las especies, con la curva sin las especies raras (especies que están representadas por un solo individuo), observamos que no manifiestan ninguna diferencia, lo que expresa que el bosque es muy heterogéneo y no ha sido abarcada toda la riqueza de especies del sitio de estudio, es decir que se necesitaría muestrear una superficie mayor para incluir si no es que a todas, al menos a la mayoría de las especies arbóreas presentes en este bosque. La gran heterogeneidad del bosque ya fue observada cuando se advertían los resultados de frecuencia absoluta.

Según Campbell (1994), la rareza local es un problema de los bosques tropicales, muchos árboles en estos bosques muy a menudo son solitarios.

En relación a la curva área-especie Killen *et al.* (1998), encontró que en el Bosque Seco Chiquitano, estas curvas de acumulación revelaban que 1 a 2 hectáreas eran suficientes para la medición de la riqueza de especies arbóreas ($dap \geq 10$ cm).

B Estructura de la vegetación

En la parcela se encontraron 681 árboles (97.7% de los individuos) con un AB de 19.543 m²/ha correspondiendo un promedio de 0.029 m²/árbol; 13 cactáceas (1.86% de los individuos) con un AB de 0.379 m²/ha y 3 lianas (0.43% de los individuos) con un AB de 0.034 m²/ha.

Por lo que se puede observar, el bosque presento cactáceas y muy pocas lianas, que son indicadoras de bosque seco.

Gentry (1995), señalaba que si bien los bosques secos difieren de forma consistente de los bosques húmedos, por su baja riqueza de especies, ellos no difieren significativamente de la mayoría de los atributos estructurales, siendo un rasgo estructural distintivo que posean mucho menos hemiepífitas.

B.1 Estructura horizontal

La Figura 26 presenta la curva de distribución de individuos por clase diamétrica a intervalos de 10 cm. En esta se aprecia una gran cantidad de individuos en la clase inferior, decreciendo significativamente el número a medida que se incrementa el diámetro. La curva adopta una forma de “J” invertida, la misma que es característica de los bosques tropicales.

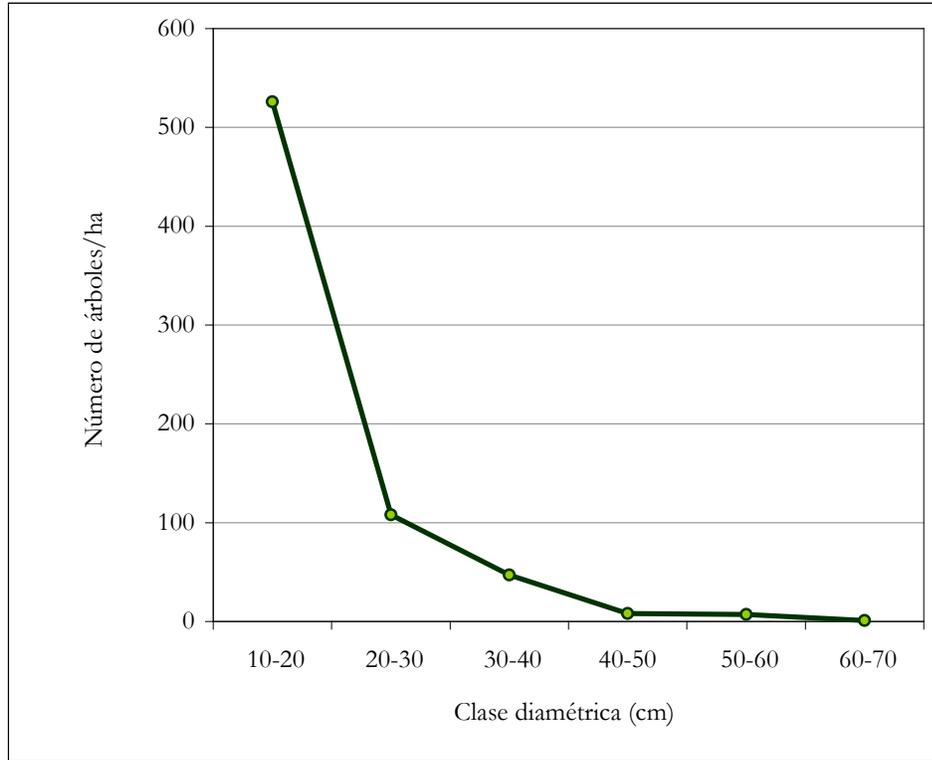


Figura 26: Curva de distribución de individuos por clase diamétrica

Del total de individuos, 526 (75.47%) se encuentran ubicados entre la clase diamétrica 10 a 20 cm y 171 (24.53%) en las clases superiores a 20 cm (Cuadro 3).

B.2 Estructura vertical

B.2.a Altura de árboles

Con base en las alturas totales de los árboles se observan 3 estratos diferenciados dentro el perfil vertical del bosque. En la Figura 27, se puede observar que el máximo número de árboles y de especies se encuentra en el piso inferior y medio, y el menor número de especies en el piso superior.

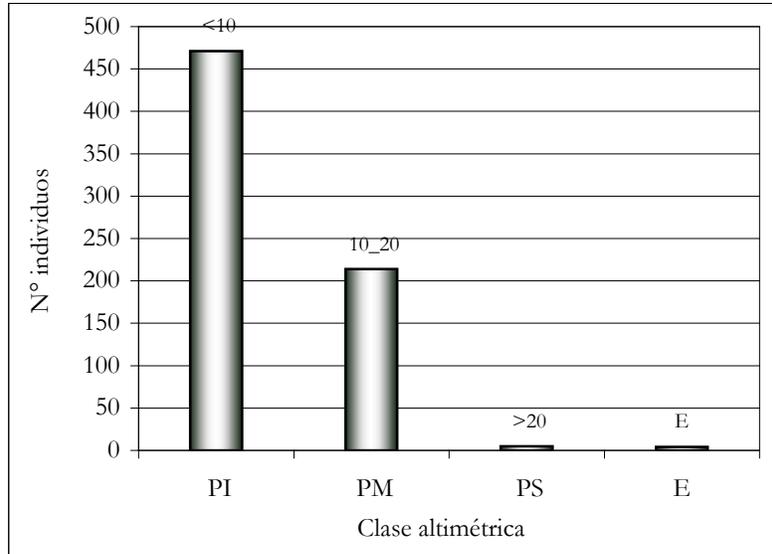


Figura 27: Distribución del número de individuos por clase altimétrica

El primer estrato (piso inferior), cuya altura está comprendida por árboles menores a 10 m, reportan el 54.61% de los árboles, los que corresponderían al dosel o vuelo forestal, siendo entonces un bosque bajo. Las especies que dominan el estrato son: Trichilia sp. (19.53%), Phyllostylon rhamnoides (18.21%), Ximenea americana (8.44%), Terminalia triflora (4.75%), Capparis polyantha (4.75%), Machaerium scleroxylon (4.22%), Achatocarpus praecox (3.96%) y Ruprechtia apetala (3.96%).

El segundo estrato (piso medio), con una altura de 10 a 20 m, presentó el 44.09% de los árboles de la PPM y señaló a Phyllostylon rhamnoides (41.18%), Anadenanthera colubrina (13.07%), Trichilia sp. (7.19%), Machaerium scleroxylon (6.54%) y Terminalia triflora (4.90%), como las especies predominantes.

En el tercer estrato (piso superior), con una altura mayor a 20 m y 0.72% de los árboles; dominan las especies Anadenanthera colubrina (40%), Phyllostylon rhamnoides (40%) y Amburana cearensis (20%).

Los árboles emergentes estuvieron representados por individuos de Anadenanthera colubrina y Cariniana estrellensis que alcanzan alturas de 25 m.

Observando el perfil de vegetación (Figura 28), podemos apreciar de forma esquemática lo expresado.



Figura 28: Distribución vertical de la vegetación en la PPM

B.2.b Posición de copa

Con respecto a la exposición lumínica de las copas se tiene al 28.63% de los individuos en la categoría 1 (copa emergente con luz directa); 21.44% en la categoría 2 (plena iluminación superior); 20.85% en la categoría 3 (alguna iluminación superior); 20.41% en la categoría 4 (alguna luz lateral) y 8.66% en la categoría 5 (ausencia de luz directa). Agrupando aquellas categorías que indican una débil exposición a la luz (3,4 y 5) se tiene el 49.92% de los individuos en esta condición; pero mas importante es aun el hecho de que el 50.04% restante agrupa a los individuos con buena exposición a la luz (Cuadro 4).

Cuadro 4: Número de árboles y su representación porcentual por categorías de Posición de copa y Clase diamétrica

Posición de copa	10 – 20		20 – 30		30 – 40		40 – 50		50 – 60		60 – 70		Total	
	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%
1	84	12.30	57	8.35	41	6.00	7	1.02	5	0.73	1	0.15	195	28.63
2	120	17.57	20	2.93	4	0.59	1	0.15	1	0.15	0	0	146	21.44
3	123	18.01	16	2.34	2	0.29	0	0	1	0.15	0	0	142	20.85
4	132	19.38	7	1.02	0	0	0	0	0	0	0	0	139	20.41
5	57	8.35	2	0.29	0	0	0	0	0	0	0	0	59	8.66
Total	516	75.77	102	14.98	47	6.90	8	1.17	7	1.02	1	0.15	681	100

El Cuadro 4 presenta los valores absolutos y relativos por clase diamétrica y categorías de posición de copa de todos los árboles, sin tomar en cuenta 14 individuos que comprenden lianas y Cactáceas, este cuadro muestra a la clase englobada entre 10 y 20 cm como aquella que concentra los individuos de las categorías 2, 3 y 4; en la siguiente clase 20 a 30 cm la mayor cantidad de árboles se hallan agrupados en las categorías 1 y 2. Finalmente en las clases mayores a 30 cm los individuos se distribuyen en su mayoría en la categoría 1 (buena exposición lumínica). La Figura 29 ilustra de forma grafica lo indicado.

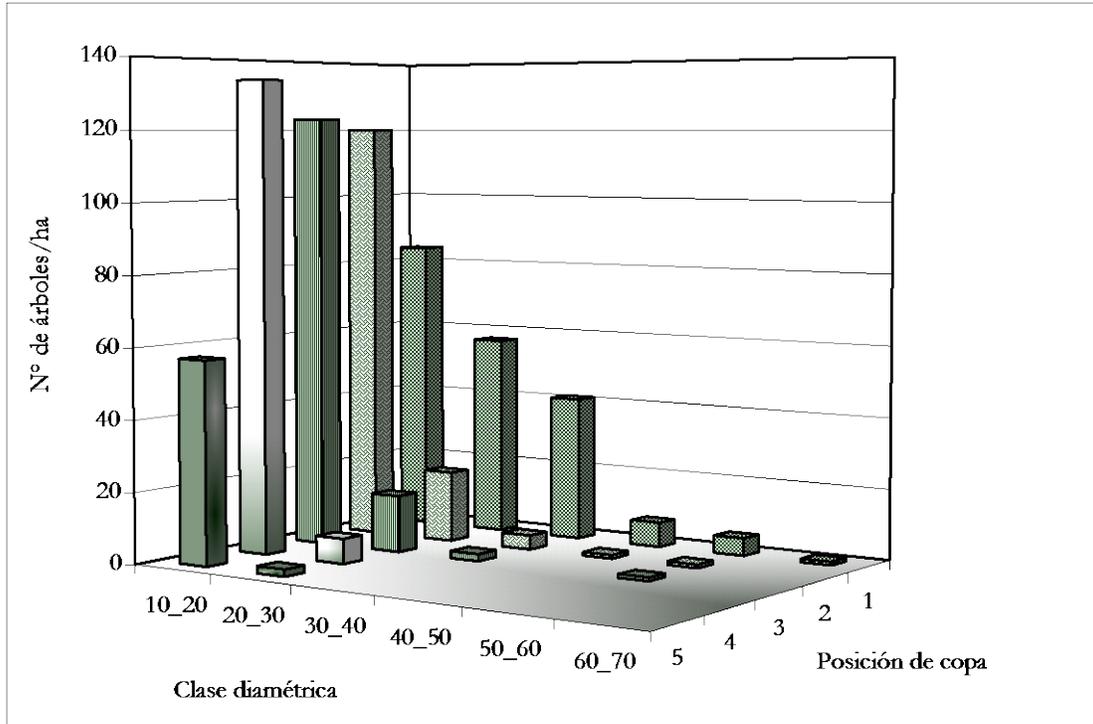


Figura 29: Número de árboles por categoría de Posición de copa y Clase diamétrica

B.2.c Forma de copa

Según la forma de copa se observó que 17.28% de los individuos se encuentran en la categoría 1 (copa perfecta), 29.43% en la categoría 2 (copa buena), 36.16% en la categoría 3 (copa tolerable), 14.20% en la categoría 4 (copa pobre) y 2.93% en la categoría 5 (copa muy pobre), como lo presenta el Cuadro 5.

El 46.55% de los individuos presentó una copa bien formada (categoría 1 y 2), la mayor proporción de individuos 36.27% presentó una copa de forma tolerable (categoría 3) y el 17.18% una copa pobre o muy pobre.

La Figura 30 nos ilustra gráficamente que la clase 10-20 cm, engloba a los árboles que se encuentran en las categorías de forma de copa 2 y 3, una menor proporción en las categorías 1 y 4 y muy pocos árboles en la categoría 5, las clases

superiores a esta contienen a la mayor parte de los árboles en las categorías 1, 2 y 3. En cambio la clase 60- 70 cm tiene a su único individuo ubicado en la categoría 3.

Cuadro 5: Número de árboles y su representación porcentual por categorías de Forma de copa y Clase diamétrica

Forma de copa	10 – 20		20 – 30		30 – 40		40 – 50		50 – 60		60 – 70		Total	
	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%	Nº/ha	%
1	64	9.40	25	3.66	20	2.93	4	0.59	3	0.44	0	0	116	17.03
2	148	21.67	32	4.69	15	2.20	3	0.44	3	0.44	0	0	201	29.52
3	200	29.28	35	5.12	9	1.32	1	0.15	1	0.15	1	0.15	247	36.27
4	85	12.45	9	1.32	3	0.44	0	0	0	0	0	0	97	14.24
5	19	2.78	1	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	20	2.94
Total	516	75.77	102	14.98	47	6.90	8	1.17	7	1.02	1	0.15	681	100

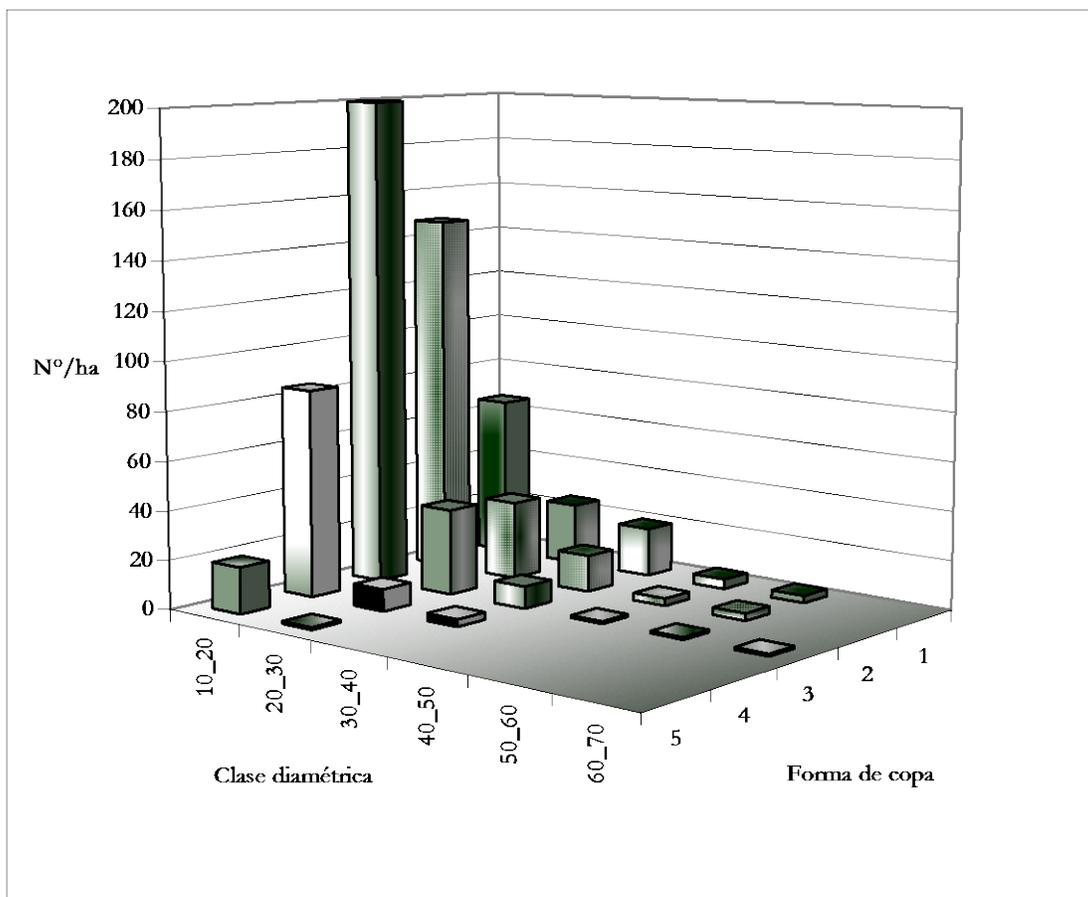


Figura 30: Número de árboles por categoría de Forma de copa y Clase diamétrica

Es importante destacar que existe una relación en la proporción de árboles que presentan una buena posición de copa y los que presentan una buena forma de copa.

B.3 Presencia de lianas

La presencia de lianas fue otra variable ecológica evaluada en la presente investigación, de acuerdo a las cuatro categorías ya mencionadas en la metodología, se puede observar que 614 árboles se encuentran libres de lianas (categoría 1), 46 árboles presentan lianas en el fuste (categoría 2), 22 árboles presentan lianas en el fuste y copa (categoría 3), y 1 solo árbol se encuentra infestado completamente por lianas (categoría 4), esto se puede observar en la Figura 31.

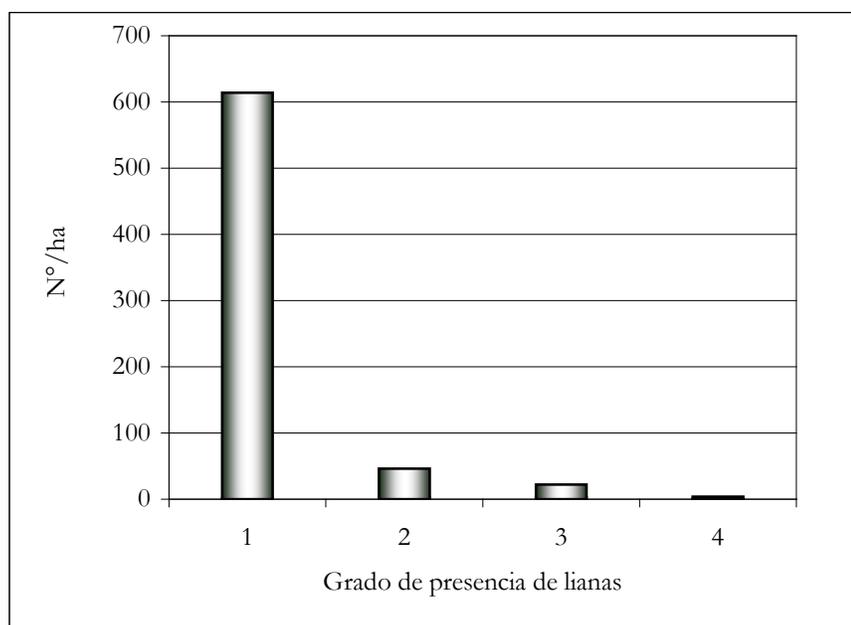


Figura 31: Número de árboles por grado de presencia de lianas

De acuerdo a los estudios realizados en otros sitios de bosque seco dentro el continente por Gentry (1995), pudo apreciar que el número y presencia de lianas es notablemente menor que en bosques húmedos, en el caso específico de la PPM el

número de lianas es menor que en las regiones antillanas, las cuales son consideradas en parte de estructura diferente por esta característica.

El bajo número de lianas registradas puede deberse a la metodología seguida en la medición de individuos solo con un dap mayor a 10 cm, al hecho de que, el lugar de muestreo no tuvo ningún tipo de perturbación que pueda favorecer el crecimiento de lianas, o a que es un bosque bajo y muy seco como lo delata la presencia de especies suculentas de cactáceas. Gentry (1985), también expreso que los bosques secos tienden a presentar pocas hemiepipítas.

C Análisis biogeográfico

Se analizó la distribución de 34 especímenes identificados hasta especie, encontrándose que el 76.47%, tiene su óptimo de distribución en Bosques secos semidecíduos, seguidas de especies de Bosque húmedo (11.76%), y de Bosque andino (8.82%), existiendo una pequeña proporción de especies de Bosque chaqueño (2.94%), la Figura 32, muestra gráficamente lo señalado.

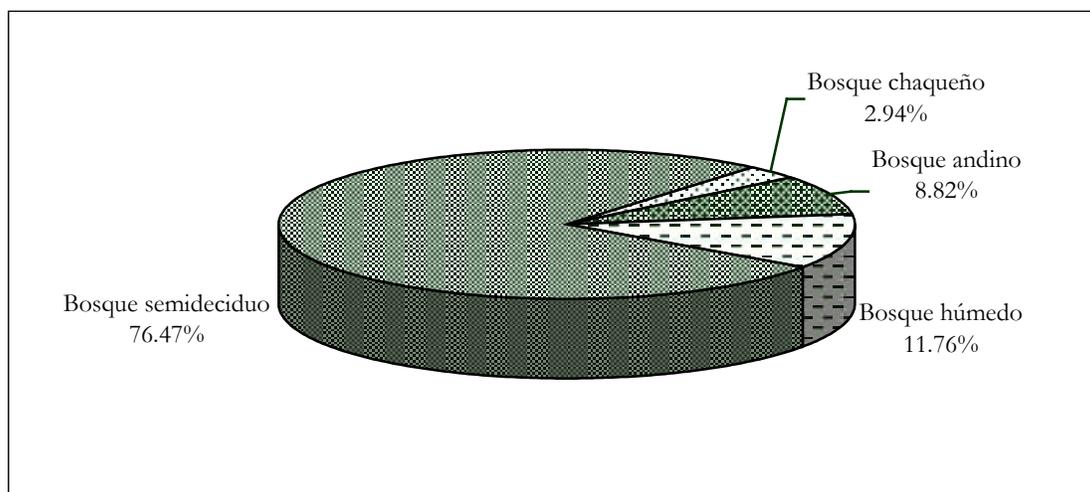


Figura 32: Distribución de las especies de la PPM en los distintos tipos de bosques

Al observar el componente de bosques semidecuidos, se aprecia la presencia de elementos de amplia distribución en esta región, como Phyllostylon rhamnoides, Anadenanthera colubrina y Astronium urundeuva, las que tienen su óptimo de distribución en los bosques semidecuidos de la región brasileña paranaense (Kessler & Helme 1999, Navarro 2002), según Fuentes (en prensa), también especies como Lonchocarpus leucanthus y Holocalyx balansae, típicas del núcleo de misiones tienen poblaciones disjuntas en el valle del río Tuichi, asimismo la especie Holocalyx balansae fue registrada en Bolivia solo en el sector del valle Tucavaca (Santa Cruz) en el extremo suroriental del país; estas especies con áreas de distribución disjuntas pueden servir en los análisis de las relaciones fitogeográficas y al mismo tiempo para estudiar la migración de las especies en el tiempo.

El componente de bosques húmedos está conformado a su vez por especies de bosques húmedos estacionales, que tienen preferencia por ambientes un poco más secos, como los bosques semidecuidos, según Kessler & Helme (1999), este bosque comparte especies principalmente con los bosques siempreverdes de la Amazonía y, en menor grado, con los bosques montañosos.

En cuanto al componente andino, se encontraron especies de valles secos interandinos del centro y sur del país, y también elementos de los bosques chaqueño como Ruprechtia apetala.

Se registró un endemismo, la especie Triplaris vestita, también reportada para el Perú (http://mobot.mobot.org/cgi-bin/search_vast).

Kessler & Helme (1999), encontraron que la flora del valle del río Tuichi mostraba afinidades con el bosque chiquitano, del sur del departamento de Santa Cruz, así como con bosques similares del piedemonte andino, desde el NW argentino hasta el SE de Brasil y que existía poca afinidad con los bosques secos del norte de Sudamérica y con las regiones próximas al Chaco, Cerrado y sabanas del Beni.

D Suelos

El Cuadro 6, muestra el resultado de los análisis de suelo de la PPM; como en otros bosques tropicales respecto a la reacción del suelo o pH, los suelos están marcados por la acidificación, puede observarse valores ligeramente ácidos, el valor mas cercano a la neutralidad es el de la muestra PPM 2 (pH=6); la conductividad eléctrica varia notablemente siendo menor en la muestra PPM 3; presentan un contenido alto de materia orgánica que varia de 5.1 a 6.6% y nitrógeno total; los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) son moderados a altos debido a su contenido de materia orgánica, presentando el valor mas bajo la muestra PPM 3. El nivel de fósforo es alto para la muestra PPM 1 y bajo para las restantes. Respecto a los cationes intercambiables en el complejo de adsorción se observa la predominancia de calcio y magnesio sobre el sodio y potasio, los cuales se encuentran muy por debajo de los otros cationes; clase textural arcillosa.

Cuadro 6: Análisis de suelos, Parcela Permanente de Muestreo, bosque seco andino. PN-ANMI Madidi.

Parámetros medidos	Método	Unidad	Límite de determinación	PPM 1	PPM 2	PPM 3
pH acuoso	ISRIC 4		1-14	5.7	6	4.9
Conductividad electrica	ASPT 6	μS/cm	5	170	160	95
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0.0014	0.57	0.37	0.35
Carbón Orgánico	WSP S-9,10	%	0.06	3.9	2.9	3
Materia Orgánica	WSP S-9,10	%	0.1	6.6	5.1	5.1
Fósforo disponible	ISRIC 14-2	mg/Kg	1.5	51	4.4	< 1,5
Sodio intercambiable	WSP S-5,10	cmolc/Kg	0.00083	0.14	0.23	0.27
Potasio intercambiable	WSP S-5,10	cmolc/Kg	0.0053	2	1.27	0.41
Calcio intercambiable	WSP S-5,10	cmolc/Kg	0.016	19	12	3.3
Magnesio intercambiable	WSP S-5,10	cmolc/Kg	0.00083	4.5	7.9	8.7
Acidez intercambiable	ISRIC 11	cmolc/Kg	0.05	0.1	< 0,050	1.8
CIC	ISRIC 11	cmolc/Kg	0.05	25.4	21	14.6
Textura						
Arena	DIN 18 123	%	2.5	9	24	9
Limo	DIN 18 123	%	1	39	33	39
Arcilla	DIN 18 123	%	1	52	43	52
Clase textural				Arcilla	Arcilla	Arcilla

Fuente: Base de datos Proyecto de Inventario de la Región del Madidi. Herbario Nacional de Bolivia. 2003.

E Evaluación de las potencialidades de uso

Mediante revisión de literatura se han identificado 14 especies potenciales dentro el bosque seco andino, de las cuales 11 especies han sido identificadas como especies forestales potencialmente importantes en Bolivia (Mostacedo et al. 2001), de las cuales 7 especies son aprovechadas en grandes volúmenes (Superintendencia Forestal 2001). El Cuadro 7, sintetiza la información encontrada sobre los diferentes usos a los que son sometidos las 11 especies arbóreas, la mayoría de las especies son usadas exclusivamente en trabajos de carpintería en general y la elaboración de muebles.

En general el bosque seco es utilizado principalmente como fuente de leña y carbón (p.e. Anadenanthera colubrina), madera (fabáceas, anacardiáceas) y taninos (Aspidosperma sp.).

Las especies con usos potenciales maderables y no maderables en el valle del río Tuichi según Beck *et al.* (2003), son especies de Jacaranda sp., Aspidosperma sp., Amburana cearensis, Tabebuia impetiginosa, Cedrela sp., Myroxylon balsamum y Anadenanthera colubrina.

Un punto importante que debe considerarse es que los bosque secos tienen recursos genéticos, los cuales no tiene valor económico determinado.

Cuadro 7: Especies forestales potenciales de la PPM y sus usos

Familia	Especie	Nombre común	Nº/ha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fabaceae	<u>Amburana cearensis</u>	Roble	10		+			+					+				+
Fabaceae	<u>Anadenanthera colubrina</u>	Curupaú, willca	48	+		+	+	+						+	+	+	+
Apocynaceae	<u>Aspidosperma cylindrocarpon</u>	Jichituriqui rosado	2			+	+	+		+				+	+	+	
Anacardiaceae	<u>Astronium urundeuva</u>	Cuchi	9			+	+										
Lecytidaceae	<u>Cariniana estrellensis</u>	Yesquero negro	2	+	+		+	+	+	+	+	+	+				+
Meliaceae	<u>Cedrela fissilis</u>	Cedro	3	+	+								+			+	
Bombacaceae	<u>Chorisia insignis</u>	Macine	5							+							
Bombacaceae	<u>Chorisia speciosa</u>	Macine	10							+							
Fabaceae	<u>Machaerium scleroxylon</u>	Morado	36														
Ulmaceae	<u>Phyllostylon rhamnoides</u>	Cuta, chaki caspi	197	+	+			+	+		+		+				+
Polygonaceae	<u>Ruprechtia apetala</u>	Duraznillo	16						+	+							
Anacardiaceae	<u>Schinopsis brasiliensis</u>	Soto	1											+	+		
Fabaceae	<u>Sweetia fruticosa</u>	Mani	3														
Bignoniaceae	<u>Tabebuia impetiginosa</u>	Tajibo	7	+		+	+					+	+	+			

- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1 = Carpintería en general | 8 = Artículos deportivos |
| 2 = Muebles | 9 = Construcción naval |
| 3 = Postes y pilotes | 10 = Chapas decorativas |
| 4 = Durmientes | 11 = Carbón vegetal |
| 5 = Madera para pisos | 12 = Taninos o mordientes |
| 6 = Herramientas | 13 = Construcción rural |
| 7 = Utensilios | 14 = Embalajes (toneles, barriles) |

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a la estructura y composición florística la Parcela Permanente de Muestreo se llegó a la conclusión de que este tipo de vegetación corresponde a la formación de bosque seco semidecuido, coincidiendo con otras investigaciones realizadas en el lugar (Kessler & Helme 1999, Perry *et al.* 1993).

El bosque seco semidecuido presentó 697 individuos por hectárea ($dap \geq 10\text{cm}$), presentó una composición florística heterogénea, encontrándose 51 especies/morfoespecies, 44 géneros y 24 familias.

Las especies y familias mas importantes desde el punto de vista ecológico son: Phyllostylon rhamnoides (chaki caspi), Anadenanthera colubrina (Willca), Trichilia sp. (mujllu caspi), Ximenea americana (limón limón), Machaerium scleroxylon (jacaranda) y Terminalia triflora (rubia pichana) y las familias mas importantes fueron Ulmaceae, Fabaceae y Meliaceae.

Las familias mas diversas son Fabaceae y Myrtaceae, con 11 spp. y 4 spp. respectivamente, seguidas por Bombacaceae, Cactaceae, Flacourtiaceae, Meliaceae y Polygonaceae que presentaron 3 spp.

En cuanto a la estructura en la PPM se encontraron 681 árboles (97.7% de los individuos) con un AB de 19.543 m²/ha correspondiendo un promedio de 0.029 m²/árbol; 13 cactáceas (1.86% de los individuos) con un AB de 0.379 m²/ha y 3 lianas (0.43% de los individuos) con un AB de 0.034 m²/ha.

La estructura horizontal muestra una gran cantidad de individuos en las clases inferiores, decreciendo significativamente el número de individuos a medida que se

incrementa el diámetro. La curva adopta una forma de “J” invertida, característica de los bosques tropicales.

La estructura vertical muestra tres estratos definidos, los estratos mas bajos concentran a la mayor cantidad de individuos y de especies, el estrato superior y el dosel es dominado por Anadenanthera colubrina, Cariniana estrellensis y Phyllostylon rhamnoides.

El análisis biogeográfico mostró que el bosque seco andino es dominado por especies con amplia distribución, como Anadenanthera colubrina y Phyllostylon rhamnoides, que presentan su optimo de distribución en la región brasileño paranense.

En cuanto a las potencialidades de uso de las especies arbóreas encontradas en la PPM; 11 especies presentan variables usos de las cuales 7, son consideradas con elevado valor forestal. Pero cabe resaltar que el % de estas especies no tiene una abundancia suficiente como par justificar su explotación.

VI. RECOMENDACIONES

Conservar toda el área de bosque primario donde a sido establecida la PPM y la vegetación de los alrededores con la finalidad de garantizar la continuación de los estudios, la peculiaridad biogeográfica, su estado de conservación y además para valorar mejor su importancia.

Instalar mas PPMs en el bosque seco semideciduo andino para obtener una mejor información de este tipo de bosque que ha sido poco estudiado en Bolivia.

Realizar la remediación de la PPM para tener un seguimiento de los procesos de renovación y cambio de la vegetación arbórea, con el fin de conocer la dinámica poblacional del bosque y completar las identificaciones botánicas de las especies arbóreas con especímenes fértiles.

Realizar estudios sobre el clima y suelo para complementar los datos obtenidos en el presente estudio y poder efectuar una comparación mas detallada, a fin de conocer los factores que influyen en la composición florística y estructura de estos bosques.

VII. LITERATURA CITADA

- Bach, K.; Kessler, M. & Gonzales, J. 1999. Caracterización Preliminar de los bosques deciduos andinos de Bolivia en base a grupos indicadores botánicos. *Ecología en Bolivia* 32:7-22
- Beck, S.; García, E.; Centeno, F. & Tejada, R. 2003. Diagnostico de Flora. En: CARE, eds. *Madidi de Bolivia, mágico, único y nuestro*. Bolivia. CD ROM.
- Bolfor. 1999. Guía para la instalación y evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). Santa Cruz, Bolivia. 50 p.
- Bullock, S.; Mooney, H. & Medina E. 1995. Introduction, p. 1-8. In: S. Bullock, H. Mooney & E. Medina, eds. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Campbell, D.G. 1994. Scale and patterns of community structure in Amazonian forests, p. 179-197. In: Edwards, P., R. May & R. Webb, eds. *Large Scale Ecology and Conservation Biology*. Blackwell Scientific Publications. London.
- Centro de Investigaciones Fitosociológicas de Madrid (CIF). 1996. Datos climáticos y fichas bioclimáticas de Bolivia. Documento inédito, Centro de Investigaciones Fitosociológicas, Madrid. 91 pp.
- Dawkins, H. C. 1958. The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda. Paper No 34. Imperial Forestry Institute, Oxford. 155 p.
- Defense Mapping Agency. s/a. 1996. Asariamas. Edición 1-DMA, serie H632, hoja 3142. Escala 1:100.000. The United States Government.
- Escuela de Ciencias Forestales, Programa de Postgrado. 1993. Especialización en Manejo sostenible de bosques tropicales. Material didáctico del curso inventarios forestales. Modulo II. Organización Internacional de Maderas Tropicales. Universidad mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
- Foster, R.B.; Hernández, N.; Kakudidi, E. & Burnham, R. 1995. Un método de transectos variables para la evaluación rápida de comunidades de plantas en los

- trópicos. En: Evaluación Biológica rápida (RAP). Conservación Internacional & Field Museum of Natural History. Bolivia.
- Funk, V. A. & Mori. S. A. 1989. A Bibliography of Plant Collector in Bolivia. *Smithsonian Contribution to Botany*. 70:1-20
- Gentry, A. H. 1985. An Ecotaxonomic Survey of Panamian Lianas, p. 29-42. In: W. D'Arcy y M. Correa, eds. *The Botany and Natural History of Panama*. Missouri Botanical Garden. Saint Louis, Missouri. EEUU.
- Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests, p. 146-194. In: S. Bullock, H. Mooney & E. Medina, eds. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Graf, E. & Sayagués, L. 2000. Muestreo de la vegetación. Unidad de Sistemas Ambientales. Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica. 41 p.
- Hartshorn, G. 2002. Biogeografía de los bosques neotropicales, p. 59-81. En: M. Guariguata & G. Kattan, eds. *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. EULAC-GTZ. Cartago, Costa Rica.
- Henderson, A.; Churchill, S.P. & Luteyn, J.L. 1991. Neotropical plant diversity. *Nature*. 351:21-22
- Hueck, K. 1966. *Die Wälder Südamerikas. Ökologie, Zusammensetzung und wirtschaftliche Bedeutung*. Gustav Fischer: Stuttgart. 422 p.
- Hueck, K. 1978. Los bosques de Sudamérica. Ecología, composición e importancia económica. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). Republica Federal de Alemania.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical dry forest: the most endangered major tropical ecosystem, p. 130-137. In: *Biodiversity*. E. O Wilson, ed. National Academy Press, Washington.
- Jardim, A.; Killen, T. & Fuentes, A. 2003. Guía de los Árboles y Arbustos del Bosque Seco Chiquitano, Bolivia. Missouri Botanical Garden, Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Fundación para la Conservación del Bosque

- Seco Chiquitano. Fundación Amigos de la Naturaleza Noel Kempff. Bolivia. 324 pp.
- Jorgensen, P. 1993. El desafío de la flora de Bolivia en el contexto sudamericano. *Ecología en Bolivia* 38:1-2
- Kessler, M.; Bach, K.; Helme, N. Beck, S. & Gonzalez, J. 1998. Floristic diversity of Andean dry forest in Bolivia. In: S. W. Breckle, B. Schweizer & U. Arndt, eds. Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 1° Symposium of the A.F.W Schimper-Foundation est. by H. and E. Walter, Hohenheim, October 1998. Verlag Günter Heimbach. Stuttgart.
- Kessler, M. & Helme, N. 1999. Diversidad florística y fitogeográfica del valle central del Río Tuichi, una localidad aislada de bosque seco en los Andes bolivianos. *Candollea* 54:341-366
- Killen, T.; Jardim, A.; Mamani, F.; Rojas, N. & Saravia, P. 1998. Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the Chiquitanía region of Santa Cruz, Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 14: 803-827
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Antonio Carrillo. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). Alemania. 335 pp.
- López, R. 1993. Ulmaceae, p. 791-797. En: Killen, T., García, E. & Beck, S., eds. Guía de Árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden. La Paz, Bolivia.
- Lowe, R. G. & Walker. P. 1977. Classification of canopy, stem, crow status and climber infestation in natural tropical forest in Nigeria. *Journal of Applied Ecology*, 14(3): 897-903
- Linares, P.; Penninngton, R.T. & Bridgewater. 2003. The phytogeography of the seasonally dry tropical forests in Equatorial Pacific South America. *Candollea* 58: 473-499

- Matteucci, S.D. & Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía 22. Organización de los Estados Americanos, Washington. 168 p.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Servicio Nacional de Áreas Protegidas. 2002. Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. 2ª edición. Servicio Nacional de Áreas Protegidas. La Paz, Bolivia. 218 p.
- Montes de Oca, I. 1997. Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. 3ª ed. Editorial EDOBOL. Bolivia. 614 p.
- Moraes, M. & Beck, S. 1992. Diversidad Florística de Bolivia. M, Marconi (ed) Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. CDC-Bolivia/USAID. La Paz. P. 73-111
- Morales, B. 1990. Bolivia, medio ambiente y ecología aplicada. Instituto de Ecología. UMSA. La Paz, Bolivia. 316 p.
- Mostacedo, B.; Justiniano, J.; Toledo, M. & Fredericksen, T. 2001. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia. Bolfor. Santa Cruz, Bolivia. 215 p.
- Mueller, R.; Beck, S. & Lara, R. 2002. Vegetación potencial de los bosques de Yungas en Bolivia, basado en datos climáticos. *Ecología en Bolivia*, 37(2): 5-14
- Murphy, P. G. & Lugo, A. E. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. *A.R.E.S.* 17:67-68
- Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Departamento de Geografía. 2001. Mapa de Vegetación de Madidi, Apolobamba y Pílon Lajas (Borrador Preliminar). Escala 1:250.000. Versión 1.1. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Santa Cruz, Bolivia.
- Navarro, G. 1997. Contribución a la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia. *Revista de Ecología y Conservación Ambiental*. 2:3-38
- Navarro, G. & Maldonado, M. 2002. Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y Ambientes acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño – Departamento de Difusión. Cochabamba, Bolivia.
- Parker, T. & Bailey, B. 1991 (eds). A Biological Assessment of the Alto Madidi Region and adjacent areas of Northwest Bolivia, May 18 – June 15, 1990. RAP Working Papers 1.

- Pennington, R. T.; Prado D. E. & Pendry C. A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27:261–273
- Perry, A.; Kessler, M. & Helme, N. 1993. Biological Survey and Conservation Assessment of Inter-Andean Dry Tropical Forest of the Central Rio Tuichi Valley. Proposed Madidi National Park. Field Report 1.
- Perry, A.; Kessler, M. & Helme, N. 1997. Birds of the central Rio Tuichi Valley, with emphasis on dry forest, Parque Nacional Madidi, depto. La Paz, Bolivia. *Ornithological Monographs* 48:557-576
- Prado, D. E. & Gibbs, P. E. 1993. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80:23-25
- Ribera, M. O.; Liberman, M.; Beck, S. & Moraes, M. 1996. Vegetación de Bolivia, p. 169-222. En K. Mihotek, eds. *Comunidades, territorios indígenas y biodiversidad en Bolivia*. U.A.G.R.M./CIMAR. Santa Cruz, Bolivia.
- Ríos, B.; Wallace, R.; Aranibar, H. & Veitch, Ch. 2001. Evaluación de mamíferos medianos y grandes en el bosque semideciduo del alto Tuichi (PN y ANMI Madidi, Depto. La Paz). *Ecología en Bolivia* 36:31-38
- Seidel, R. 1995. Inventario de los árboles en tres parcelas de bosque primario en la Serranía de Marimono, Alto Beni. *Ecología en Bolivia* 25: 1-35
- Superintendencia Forestal. 2001. Informe anual. Superintendencia Forestal de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia. 141 p.
- Teran, J. 1995. Sistema silvopastoril y leñosas forrajeras en el monte chaqueño serrano de Chuquisaca. Aproximaciones a la problemática e importancia socio-económica en el sistema agrario del Rancho Corso en la Provincia Tomina. PLAFOR. Sucre, Bolivia. 135 p.
- Troll, C. 1952. Die Lokalwinde der Tropengebirge und ihr Einflub auf Niederschlag und Vegetation. *Bonner Geogr. Abh.* 9: 124-182