

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE BIOLOGÍA



**ASPECTOS ESTRUCTURALES Y FLORÍSTICOS DE UN
BOSQUE SECO SUBANDINO AL SUR DEL
ÁREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO MADIDI
LA PAZ—BOLIVIA**

**Tesis de grado para optar al título de
Licenciatura en Biología**

Presentada por: Jorge Rafael Uzquiano Espinoza

Tutora: Lic. Emilia García E.

Asesor Científico: Dr. Peter M. Jørgensen

La Paz — Bolivia

2008

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE BIOLOGÍA

TESIS DE GRADO:

ASPECTOS ESTRUCTURALES Y FLORÍSTICOS DE UN BOSQUE SECO
SUBANDINO AL SUR DEL ÁREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO MADIDI
LA PAZ—BOLIVIA

Por: Jorge R. Uzquiano Espinoza _____

Tutora: Lic. Emilia García E. _____

Asesor Científico: Dr. Peter M. Jørgensen _____

Tribunales: Dr. Stephan G. Beck _____

Lic. Freddy S. Zenteno R. _____

Jefe de Carrera: Lic. Esther Valenzuela S. _____

La Paz — Bolivia

2008

*A Noemí, mi amiga
compañera y esposa,
tu confianza y amor
son mi complemento.*

*A mis estrellas,
Camila y Marangeli
su dulzura, fortaleza y amor
me hacen fuerte.....*

Agradecimientos....

Son tantas las personas que han contribuido a la realización de esta investigación, su apoyo, consejos, confianza, han engrandecido esta, este espacio va dedicado para todos ellos...

Al creador Dios por su infinita grandeza y sabiduría.

A mis papas Julia y Germán por haber conducido mi existencia, enseñarme a convivir y compartir.

A mis hermanos Eddy, María, Germán, Carlos, Fernando, Gustavo y Alvaro por estar juntos siempre y por sobre todo seguir adelante sin importar el pasado....

A la Sra. Mercedes una segunda madre, su apoyo incondicional y consejos me levantaron en esos momentos malos, no la defraudaré....

A mi tutora y amiga la Lic. Emilia García E., por su buen humor, consejos y sugerencias en las versiones preliminares de este trabajo, sin ella esta investigación no habría llegado a obtener sus frutos....Gracias por sus enseñanzas, paciencia y por tener siempre una respuesta alentadora y una sonrisa....

Al Dr. Peter Jørgensen, por sus consejos y sugerencias en la elaboración de este trabajo y por sobre todo por su confianza y apoyo constante...

Al Ing. Alejandro Araujo-Murakami, por enseñarme otra fase de la investigación y apoyarme con sus consejos y comentarios...su enseñanza en campo es inmensurable...

A mis tribunales el Dr. Stephan Beck y al Lic. Freddy Zenteno, por sus importantes sugerencias y comentarios en la revisión de este trabajo y por alentarme en la culminación del mismo...

Al proyecto de Inventario Florístico de la Región del Madidi y el Jardín Botánico Missouri, por su respaldo institucional y brindar todo el material de campo para la realización de este trabajo y a todos los buenos amigos que tuve la suerte de encontrar allí, con los que conté en cada momento...

A los investigadores del proyecto Madidi, Lesly, Alfredo y Tatiana, por brindarme tanto apoyo, haberme hecho sentir parte de ellos, por su amistad incondicional, los considero como familia...

Al Herbario Nacional de Bolivia, a cada uno de sus componentes mis amigos...

A todos mis amigos, por haber compartido una parte valiosa de mi vida en la U... de los cuales aprendo día a día, cuento con ellos siempre...

A los Osos Bena, Borax, Zen, Gilbert, Toño, Oswaldo, Joseph, valiosos en cancha y en la tiendita, espero siempre compartir con su amistad y apoyo...como uno solo adelante familia...

A ese hermoso bosque seco del Madidi, algo increíble, nunca pensé en llegar a vivir en un lugar así...

Y a todas las personas que no nombre, pero de una u otra manera hicieron que yo pudiera hacer de esta una realidad, a todas ellas.....mi mas sincera amistad...

Gracias mil !!!

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
LISTA DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. CONTEXTO GENERAL Y ANTECEDENTES	2
2.1 Bosques Neotrópicales y los bosques secos	2
2.2 Definición y características	4
2.3 Bosques secos en Bolivia	5
2.4 El Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi	5
2.5 Estudios de la vegetación	8
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. OBJETIVOS	10
5. ÁREA DE ESTUDIO	11
5.1 Localización del estudio	11
5.2 Geología y geomorfología	12
5.3 Clima	13
5.4 Suelos	14
5.5 Vegetación	14
6. METODOLOGIA	16
6.1 Etapas del muestreo	16
6.2 Parámetros cuantitativos evaluados	27
6.3 Composición arbórea	32
6.5 Estructura arbórea	36
6.5 Análisis fitogeográfico preliminar	37
7. RESULTADOS	40
7.1 Diversidad florística y variables dasométricas	40
7.1.1. Área Mínima	42
7.1.2 Diversidad Beta	43
7.1.3 Cambios de la diversidad, composición y variables dasométricas en relación al gradiente altitudinal y/o diversidad beta	44

7.2	Composición arbórea	50
7.2.1	Composición florística y estructura en la parcela de fondo de valle	50
7.2.2.	Importancia ecológica por especie en fondo de valle	52
7.2.3.	Composición florística y estructura en la parcela de ladera media	55
7.2.4.	Importancia ecológica por especie en ladera media	57
7.2.5.	Composición florística y estructura en la parcela de ladera alta	60
7.3.6.	Importancia ecológica por especie de ladera alta	62
7.3.	Estructura arbórea	65
7.3.1.	Estructura horizontal en fondo de valle	65
7.3.2.	Estructura vertical en fondo de valle	66
7.3.3.	Posición y forma de copa en fondo de valle	68
7.3.4.	Infestación por lianas en fondo de valle	69
7.3.5.	Estructura horizontal de ladera media	70
7.3.6.	Estructura vertical de ladera media	72
7.3.7.	Posición y forma de copa de ladera media	73
7.3.8.	Infestación por lianas de ladera media	75
7.3.9.	Estructura horizontal de ladera alta	75
7.3.10.	Estructura vertical de ladera alta	77
7.3.11.	Posición y forma de copa de ladera alta	78
7.3.12.	Infestación por lianas de ladera alta	79
7.4.	Análisis fitogeográfico	80
8.	DISCUSION	82
8.1.	Diversidad florística y variables dasométricas en fondo de valle, ladera media y alta	82
8.2.	Composición arbórea e importancia ecológica en fondo de valle, ladera media y alta	90
8.2.1.	Familias Importantes en fondo de valle, ladera media y alta	90
8.2.2	Especies Importantes en fondo de valle, ladera media y alta	92
8.3.	Estructura arbórea en fondo de valle, ladera media y alta	96
8.3.1.	Estructura horizontal en fondo de valle, ladera media y alta	96
8.3.2.	Estructura vertical en fondo de valle, ladera media y alta	97
8.4.	Análisis fitogeográfico en fondo de valle, ladera media y alta	99
9.	CONCLUSIONES	100
	RECOMENDACIONES	102
	LITERATURA CITADA	102
	ANEXOS	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución de los bosques tropicales estacionalmente secos y formaciones afines en el Neotrópico	3
Figura 2.	Efecto de “sombra de lluvia”	4
Figura 3.	Mapa de vegetación de la región del (PN y ANMI) Madidi	6
Figura 4.	Corredor Villcabamba—Amboró	7
Figura 5.	Mapa de la región de estudio dentro del ANMI Madidi con la ubicación de las tres	12

	PPM	
Figura 6.	Clima diagrama de Apolo	13
Figura 7.	Vista del área de estudio de un bosque seco subandino en el valle del río Tuichi	15
Figura 8.	Modelo de Parcela Permanente de Muestreo (PPM de 1ha)	18
Figura 9.	Instalación de la PPM con la ayuda de una brújula	19
Figura 10.	Estaca con cinta flagging y tubo PVC, para demarcación de subparcelas	19
Figura 11.	Medición del DAP y ubicación de la placa de aluminio	20
Figura 12.	Equipo de trabajo en muestreo	20
Figura 13.	Recolector de muestras o matero	21
Figura 14.	Métodos para medir el DAP	21
Figura 15.	Métodos para medir el DAP en troncos irregulares	22
Figura 16.	Registro de datos de altura total y fuste de cada individuo censado	23
Figura 17.	Material de campo para secado de muestras	24
Figura 18.	Categorías de posición de copa con respecto a la luz solar	25
Figura 19.	Categorías de forma de copa	26
Figura 20.	Grado de infestación de lianas	27
Figura 21.	Curva de acumulación de especies	29
Figura 22.	Distribución espacial de todos los especímenes colectados y la topografía de las tres parcelas de una hectárea cada una	41
Figura 23.	Curva de acumulación de especie—área que muestra la riqueza florística	42
Figura 24.	Diversidad en relación al gradiente altitudinal	45
Figura 25.	Variación de individuos, lianas y variables dasométricas en relación al gradiente altitudinal	46
Figura 26.	Número de especies de las familias Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae y Apocynaceae en relación al gradiente altitudinal	48
Figura 27.	Número de individuos que presentaron las familias Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae y Apocynaceae en relación al gradiente altitudinal	48
Figura 28.	Número de especies de las familias Meliaceae, Bombacaceae y Polygonaceae en relación al gradiente altitudinal	49
Figura 29.	Número de individuos que presentaron las familias Meliaceae, Bombacaceae y Polygonaceae en relación al gradiente altitudinal	49
Figura 30.	Número de especies de las familias Moraceae, Sapindaceae, Ulmaceae y Lauraceae, en relación al gradiente altitudinal	50
Figura 31.	Número de individuos que presentaron las familias Moraceae, Sapindaceae, Ulmaceae y Lauraceae, en relación al gradiente altitudinal	50
Figura 32.	Representación porcentual del índice de importancia ecológica por familia (IVF) en fondo de valle	52
Figura 33.	Diagrama de frecuencias absolutas en fondo de valle	53
Figura 34.	Representación porcentual del índice de importancia ecológica por especie (IVI), de las 10 especies más importantes presentes en fondo de valle	55
Figura 35.	Representación porcentual del índice de importancia ecológica por familia (IVF) en ladera media	57
Figura 36.	Diagrama de frecuencias absolutas en ladera media	59
Figura 37.	Representación porcentual del índice de importancia ecológica por especie (IVI), de las 10 especies más importantes presentes en ladera media	60
Figura 38.	Representación porcentual del índice de importancia ecológica por familia (IVF), de ladera alta	62
Figura 39.	Diagrama de frecuencias absolutas de ladera alta	64
Figura 40.	Representación porcentual del índice de importancia ecológica por especie (IVI), de 10 especies presentes en ladera alta	64
Figura 41.	Distribución de clases diamétricas, número de individuos y área basal en fondo de valle	65
Figura 42.	Relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los árboles, de fondo de valle	67
Figura 43.	Distribución de clases altimétricas y número de individuos en fondo de valle	68
Figura 44.	Número de árboles por categoría de posición de copa en fondo de valle	68

Figura 45.	Número de árboles por categoría forma de copa en fondo de valle	69
Figura 46.	Infestación por lianas en individuos en fondo de valle	70
Figura 47.	Distribución de clases diamétricas, número de individuos y área basal de ladera media	71
Figura 48.	Relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los árboles de ladera media	73
Figura 49.	Distribución de clases altimétricas y número de individuos de ladera media	73
Figura 50.	Número de árboles por categoría de posición de copa de ladera media	74
Figura 51.	Número de árboles por categoría forma de copa de ladera media	74
Figura 52.	Infestación por lianas en los individuos de ladera media	75
Figura 53.	Distribución de clases diamétricas, número de individuos y área basal de ladera alta	76
Figura 54.	Relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los árboles de ladera alta	77
Figura 55.	Distribución de clases altimétricas y número de individuos de ladera alta	78
Figura 56.	Número de árboles por categoría de posición de copa de ladera alta	78
Figura 57.	Número de árboles por categoría forma de copa de ladera alta	79
Figura 58.	Infestación por bejucos en individuos de ladera alta	80
Figura 59.	Afinidades fitogeográficas de en un bosque seco subandino del sector de Yarimita	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clases de frecuencia absoluta.	34
Tabla 2	Comparación de datos generales de las tres parcelas permanentes de muestreo, fondo de valle, ladera media y alta	41
Tabla 3	Valores de Similitud de Sørensen (1948), riqueza y número de especies compartidas de tres sitios evaluados en un bosque seco subandino del sector de Yarimita	43
Tabla 4	Distribución de familias y especies de lianas según el gradiente altitudinal en un bosque seco subandino del sector de Yarimita	47
Tabla 5	Importancia ecológica de familias (IVF) y sus componentes en la parcela de fondo de valle	51
Tabla 6	Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en la parcela en fondo de valle	53
Tabla 7	Importancia ecológica de familias (IVF) y sus componentes en la parcela de ladera media	56
Tabla 8	Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en la parcela en ladera media	58
Tabla 9	Importancia ecológica por familia (IVF) y sus componentes en la parcela de ladera alta	61
Tabla 10	Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en la parcela de ladera alta	63
Tabla 11	Comparación de la diversidad y variables dasométricas con otros estudios en el bosque seco del Parque Madidi (FV fondo de valle; LM ladera media; LA ladera alta)	88

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1** Planilla de campo
- Anexo 2** Lista de especies encontradas en las PPM de un bosque seco subandino, ANMI Madidi
- Anexo 3** Lista de familias encontradas en las PPM de un bosque seco subandino, ANMI Madidi
- Anexo 4** Calculo del valor de importancia para las especies encontradas en la parcela de fondo de valle de un bosque seco subandino del ANMI Madidi
- Anexo 5** Calculo del valor de importancia para las especies encontradas en la parcela de ladera media de un bosque seco subandino del ANMI Madidi
- Anexo 6** Calculo del valor de importancia para las especies encontradas en la parcela de ladera alta de un bosque seco subandino del ANMI Madidi
- Anexo 7** Especies exclusivas para las tres parcelas (fondo de valle LV, ladera media LM y ladera alta LA) de un bosque seco subandino del ANMI Madidi
- Anexo 8** Especies compartidas para las tres parcelas (fondo de valle LV, ladera media LM y ladera alta LA) de un bosque seco subandino del ANMI Madidi
- Anexo 9** Afinidades fitogeográficas preliminares de un bosque seco subandino en el sector de Yarimita en base a zonas de vegetación propuestas
- Anexo 10** Análisis de suelos efectuados en las tres PPM a una profundidad de 40 cm donde se muestran sus características químicas y físicas de la localidad de Yarimita

RESUMEN

Se instalaron 3 parcelas permanentes de muestreo de 1 ha (100 x 100 m) entre los 940–1.170 m, en el valle central del río Tuichi, al Sur del ANMI Madidi, con el objetivo de conocer la composición y estructura florística de un remanente del bosque seco subandino de esta zona. Se inventariaron todas las especies leñosas con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm. Se registraron 1648 individuos, de los que 1631 son árboles y 17 son lianas, pertenecientes a 32 familias, 70 géneros y 87 especies. Con un área basal de 27.8 m²/ha. Para la parcela de fondo de valle se registraron 430 individuos, donde las familias con mayor riqueza de especies fueron Fabaceae (7 especies), Meliaceae (3 especies), Ulmaceae (3 especies), Bombacaceae (2 especies), Euphorbiaceae (2 especies) y Nyctaginaceae (2 especies). Para la parcela de ladera media se registraron 614 individuos, donde las familias con mayor riqueza de especies fueron Fabaceae (10 especies), Myrtaceae (5 especies), Rubiaceae (4 especies), Apocynaceae, Bombacaceae, Meliaceae, Polygonaceae y Ulmaceae con 2 especies cada una. La parcela de ladera alta registro 604 individuos donde las familias con mayor riqueza de especies son Fabaceae (13 especies), Myrtaceae (5 especies), Apocynaceae, Meliaceae y Rubiaceae con 4 especies y Anacardiaceae, Malpighiaceae, Bombacaceae, Sapindaceae, Moraceae, Clusiaceae con 2 especies como familias con mayor riqueza de especies. Las curvas área vs. especies o de riqueza florística no llegaron a un punto de inflexión, mostrando una heterogeneidad para el conjunto de la muestra de bosque, un área mayor podría incorporar nuevas especies a una tasa de recambio baja, debido a la presencia de especies raras las cuales son poco abundantes y tienen baja frecuencia o distribución espacial irregular. El bosque presentó un patrón típico de bosques tropicales, al concentrar mayor cantidad de individuos en los diámetros menores. La estructura vertical manifestó cuatro estratos, el dosel inferior presentó mayor abundancia de individuos y fue el más diverso de especies y familias. Alrededor del 60% de los árboles presentó buena posición y forma de copa, menos del 30% de los árboles se encontraban cubiertos por lianas. Las familias Fabaceae, Ulmaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Phytolaccaceae, Bombacaceae, Myrtaceae, Meliaceae, Rubiaceae, así como las especies, *Anadenanthera colubrina*, *Gallesia integrifolia*, *Acacia polyphylla*, *Oxandra espiñana*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Astronium urundeuva*, *Copaifera reticulata* y *Cariniana estrellensis* fueron las de mayor importancia ecológica, en función al índice de valor de importancia (IVIF y IVI), lo cual sugiere que tienen mayor adaptación en el lugar.

El 70% de las especies tiene su óptimo de distribución en los bosques secos del “Arco pleistocénico” o de la región Brasileño-Paranense. Fitogeográficamente las parcelas revelaron afinidades con el bosque seco chiquitano, lo que muestra que en el pasado probablemente estas regiones estuvieron conectadas con un mismo tipo de vegetación mucho más extenso, con condiciones climáticas similares.

ABSTRACT

We established three one-hectare plots (100 x 100 cm) between 940–1.170 m, in the central valley of the Rio Tuichi soud of ANMI Madidi, with the aim to study the floristic composition and structure of a subandian dry forest. All trees with a diameter at breast height (DBH) of 10 cm or greater were marked, measured and identified. A total of 1648 individuals were recorded, of which 1631 were trees, 16 lianas and 1 hemiepiphytus. Divided in 32 families, 70 genus and 87 species with a basal area of 27.8 m²/ha. The bottom of valley plot registered 430 individuals, where Fabaceae had the highest richness of species (7 species), followed by Meliaceae (3 species), Ulmaceae (3 species), Bombacaceae (2 species), Euphorbiaceae (2 species) y Nyctaginaceae (2 species). The medium slope plot registered 614 individuals, the most important family according to the Familial Importance Value was Fabaceae (10 species), Myrtaceae (5 species), Rubiaceae (4 species), Apocynaceae, Bombacaceae, Meliaceae, Polygonaceae y Ulmaceae with 2 species each one. The high slope plot registered 604 individuals, according to the Familial Importance Value was Fabaceae (13 species), Myrtaceae (5 species), Apocynaceae, Meliaceae y Rubiaceae with 4 species and Anacardiaceae, Malpighiaceae, Bombacaceae, Sapindaceae, Moraceae, Clusiaceae with 2 species. The curves area vs. species or of floristic richness didn't arrive to a point of inflection, showing a heterogeneity for the group of the sample forest, a bigger surface area it could incorporate new species to a rate low replacement, due to the presence of strange species which are not very abundant and they have low frequency or irregular space distribution. The forest presented a typical pattern of tropical forests, when concentrating bigger quantity of individuals in the smallest diameters. The vertical structure manifested four strata; the inferior canopy presents bigger abundance of individual and it was the most diverse of species and families. Around 60% of the trees present good position and form of the treetop, less than 30% of the trees were covered for lianas. The families Fabaceae, Ulmaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Phytolaccaceae, Bombacaceae, Myrtaceae, Meliaceae, Rubiaceae, as well as the species, *Anadenanthera colubrina*, *Gallesia integrifolia*, *Acacia polyphylla*, *Oxandra*

espintana, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Astronium urundeuva*, *Copaifera reticulata* and *Cariniana estrellensis* were the bigger ecological importance, in function to the importance value index (IVIF and IVI), that which suggests that they have bigger onsite adaptation. 70% of the species has its optimum of distribution in the dry forests of the “Pleistocene Arch” or the region Brazilian-Paranense. Phytogeographily the plots revealed likeness with the semideciduos dry forest Chiquitano and transition low lands of the Amazonian, what shows that in the past these regions were probably connected with oneself type of vegetation a great deal more extensive, with similar climatic conditions.

1. INTRODUCCIÓN

Bolivia es considerado uno de los países de mayor diversidad biológica del Neotrópico (Kessler *et al.* 1998), por lo que desde las pasadas tres décadas se ha producido un avance en el conocimiento de la flora y fauna de nuestro territorio. Así los bosques de Bolivia en general y en particular los del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-ANMI) Madidi están contenidos dentro de una gran diversidad de ecosistemas que van desde regiones periglaciares hasta sabanas de palmares del norte de La Paz, incluyendo el bosque seco subandino (Montes de Oca 1997, Kessler *et al.* 1998, Kessler & Helme 1999, Kessler & Beck 2001), los cuales están siendo severamente amenazadas por una agravada conversión de bosques en tierras de cultivo y agricultura que están erosionando su diversidad y causando un alto número de especies neotropicales en declinación.

Los bosques secos tropicales son ecosistemas caracterizados por su alta riqueza de flora, su elevado número de endemismos, y por cubrir un área aproximada a la de los bosques siempreverdes (Bullock *et al.* 1995, Peters 1996), así mismo de ser considerados uno de los ecosistemas más frágiles, debido a su lenta regeneración y su constante amenaza de deforestación por la intervención humana, determinada no solo por factores político-económicos sino también antropológicos, sociales y ecológicos (como ser la agricultura, la tala y el desarrollo extensivo de la ganadería a lo largo de la región) dando como resultado que hoy en día gran parte de la vegetación original haya desaparecido (Josse 1993, Peters 1996, Guillen 1997, García-Montiel 2002), por lo que han recibido gran atención por ecólogos y conservacionistas en los últimos veinte años (Janzen 1988, Bullock *et al.* 1995, Kessler & Beck 2001, Cayola 2004, Fuentes *et al.* 2004, Fuentes 2005).

Estos bosques poseen gran número de recursos forestales tanto maderables como no maderables, jugando de esta manera un rol importante en la cultura y economía de las poblaciones que los habitan (Peters 1996, Fredericksen 2000, García-Montiel 2002, Uslar *et al.* 2004). Según estudios realizados por Kessler & Helme (1999), Cayola (2004), Fuentes *et al.* (2004), Fuentes (2005) Campos (2008) y Paredes (2008) en los bosques secos dentro del (PN-ANMI) Madidi, revelan una diversidad de especies arbóreas que superan el promedio de los bosques secos neotropicales y una heterogeneidad marcada, documentándose la mayor diversidad reportada hasta el momento para este tipo de

vegetación en el Neotrópico (SERNAP 2001, Beck *et al.* 2002) destacando su gran importancia de conservación y estudio para un plan de manejo sostenible para las comunidades que se desarrollan en estas áreas.

El conocimiento biológico, la elaboración de programas de manejo, conservación y restauración de estos bosques son un paso importante para estos ecosistemas ya que estos suministran servicios ecológicos como la producción de oxígeno, fijación de carbono, además que en los últimos años se ha destacado que muchos de los medicamentos modernos procederían de estos bosques, constituyéndose en una fuente natural de material genético necesario para la productividad de muchos cultivos modernos¹ y particularmente de especies aprovechables como productos forestales (Peters 1996, Killeen *et al.* 1998, Uslar *et al.* 2004). Así, las familias con mayor número de especies arbóreas en estos bosques son las fabáceas, meliáceas y ulmáceas que además son elementos fisonómicamente dominantes en la vegetación (Navarro 1997, Kessler & Helme 1999, Cayola 2004, Uslar *et al.* 2004, Fuentes *et al.* 2004).

2. CONTEXTO GENERAL Y ANTECEDENTES

2.1. Bosques neotrópicales y los bosques secos

Los bosques neotropicales son ecosistemas dinámicos que se encuentran sujetos a la influencia de un amplio espectro de procesos ambientales (Scatena 2002). La evolución de la vegetación que se desarrolla entre sus paisajes estaría influenciada por tres eventos (Hooghiemstra *et al.* 2002):

1. el surgimiento de la Cordillera de los Andes
2. el intercambio biótico con Norteamérica, luego de la formación del istmo centroamericano
3. las fluctuaciones climáticas de la época geológica del Pleistoceno

Biológicamente los bosques secos tienen una amplia distribución en el Neotrópico, representan el 42% de todos los bosques tropicales y subtropicales del mundo (Murphy & Lugo 1986 b). En América del Sur tienen mayor biodiversidad y expansión con un 22% de áreas boscosas que los de América Central, estos bosques cubren casi 250 millones de

¹ <http://www.fao.org/montes/foda/wforcong/publi/v6/T385S/1-2.HTM>, 2005)

hectáreas y en general, están compuestos principalmente por fragmentos muchas veces aislados por cientos de kilómetros. Aunque esta característica la rompen 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 el sur de Bolivia (Pennington *et al.* 2000). Se presentan en zonas con alturas que oscilan entre 0 y 1.000 m, pudiendo localizarse también en altitudes mayores que llegan a los 1.800 m a 2.000 m, como en los valles andinos e interandinos de Bolivia (Bach *et al.* 1999).

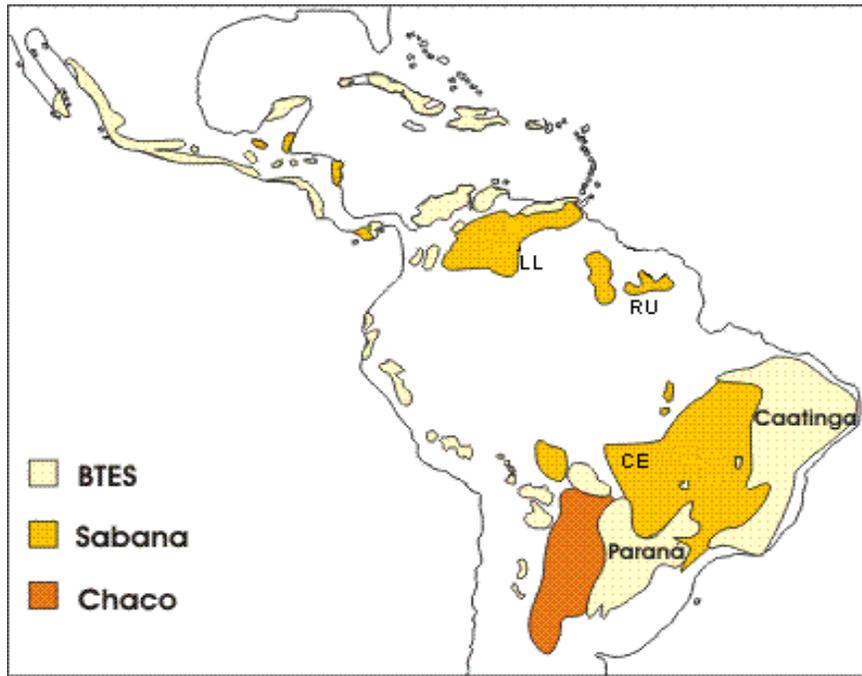


Figura 1: Distribución de los bosques tropicales estacionalmente secos y formaciones afines en el Neotrópico **BTES**
Sabanas: Ce, cerrado; LI, llanos; Ru, Rupununi.
Chaco. Fuente: Pennington *et al.* 2000

Los bosques estacionalmente secos se encuentran a ambos lados de la línea ecuatorial (Figura 1), sobre todo a continuación del cinturón de bosques húmedos deciduos y se extienden hasta las regiones áridas, donde el bosque es sustituido por sabanas de arbustos espinosos, matorrales suculentos y semidesiertos (Sarmiento 1975). Sin embargo, también se extienden mucho más allá de los trópicos, en sitios donde la evapotranspiración potencial sobrepasa considerablemente a la precipitación (Lamprecht

1990). Las temperaturas de estos bosques oscilan entre 17 – 24 °C y las precipitaciones entre los 250 y 2.000 mm anuales (Murphy & Lugo 1986 a).

2.2. Definición y características

Están considerados como bosques secos, aquellos en el que el 75% o más de los árboles pierden sus hojas hacia lo más acentuado de la época seca y/o invernal, estos bosques representan el tercer grupo de formaciones selváticas después de los bosques húmedos siempreverdes y los bosques húmedos zonales en bajas latitudes (Fredericksen 2000). Están caracterizados por presentar un bioclima xérico definido por una estación seca prolongada y marcada. Así en la región del Madidi su ocurrencia se asocia a fenómenos de "sombra de lluvia" (Figura 2), es decir al lado opuesto de los sectores húmedos con una orientación y topografía tal que las nubes colmadas de agua se descargan en áreas inmediatas más próximas, dejando a estas zonas de sombra con una cantidad muy limitada de lluvia, lo que les origina un déficit hídrico (Beck *et al.* 1993, Ribera *et al.* 1996, Fuentes *et al.* 2004, Fuentes 2005).

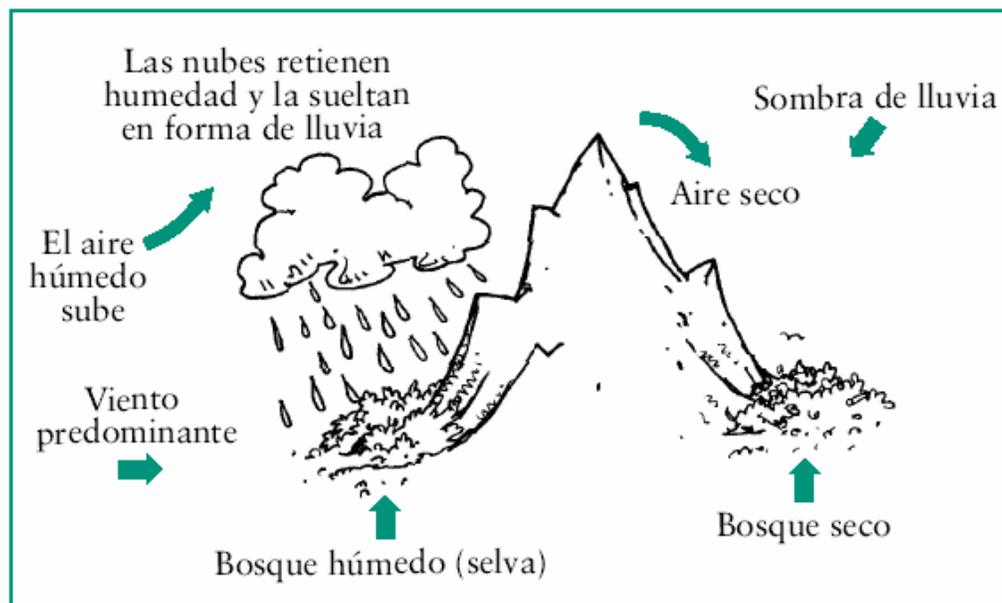


Figura 2. Efecto de "sombra de lluvia"

Fuente: Ribera *et al.* 1996

Correspondientemente muestran una alta variabilidad de rangos de altitud y valores de precipitación (Kessler *et al.* 1988), con lo que con esta variación se ve muchos tipos de

bosques secos, que van desde bosques semidecuidos bajos espinosos en sitios elevados, hasta bosques subandinos altos en lugares mas húmedos (Navarro 1997, Bach *et al.* 1999, Fuentes *et al.* 2004, Fuentes 2005).

2.3. Bosques secos en Bolivia

Los bosques secos deciduos representados en Bolivia, se encuentran en los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, La Paz, Potosí y Tarija, ubicados generalmente entre 1.800 y 2.000 m de altitud. Se extienden sobre una serie de mesetas, valles y en laderas inferiores de las montañas (Killeen *et al.* 1993). Así los bosques secos interandinos que se han reportado por varios autores (Parker & Bailey 1991, Beck *et al.* 1993, Kessler & Helme 1999, Bach *et al.* 1999, Navarro 2002, López 2003, Cayola 2004, Fuentes 2005, Fuentes *et al.* 2005, Choque 2007), se encuentran en las cuencas altas de los ríos Cotacajes (departamento de Cochabamba), Boopi, Coroico, Consata, Camata y los valles secos del Tuichi, este último en el norte del departamento de La Paz, en distintas series de vegetación ubicadas en los pisos ecológicos subandino (500–800 a 1.800–2.000 m) y montano (1.800–2.000 a 2.800–3.100 m) en dos diferentes provincias biogeográficas, la de los Yungas y la del Boliviano–Tucumano, la primera que se extiende desde el extremo norte del Perú hasta el centro de Bolivia y la última que representa los bosques secos de los valles interandinos del centro y sur de Bolivia (Navarro 2002, Fuentes 2005).

2.4 El Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi

2.4.1 Ubicación e importancia

El Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi (en adelante Madidi) se encuentra ubicado en el departamento de La Paz, en las provincias Abel Iturralde, Franz Tamayo y Bautista Saavedra. Los límites del Madidi se encuentran entre 12°30' a 14°44' de latitud sur y entre 67°30' a 69°51' de longitud oeste, su superficie total es de 1.895.750 ha, de las cuales 1.271.500 ha corresponden a la categoría de Parque Nacional y 624.250 ha corresponden al Área Natural de Manejo Integrado, el área protegida abarca un

gradiente altitudinal que va desde los 180 m, hasta los 5.760 m, y presenta una gran diversidad de ecosistemas² (SERNAP 2001).

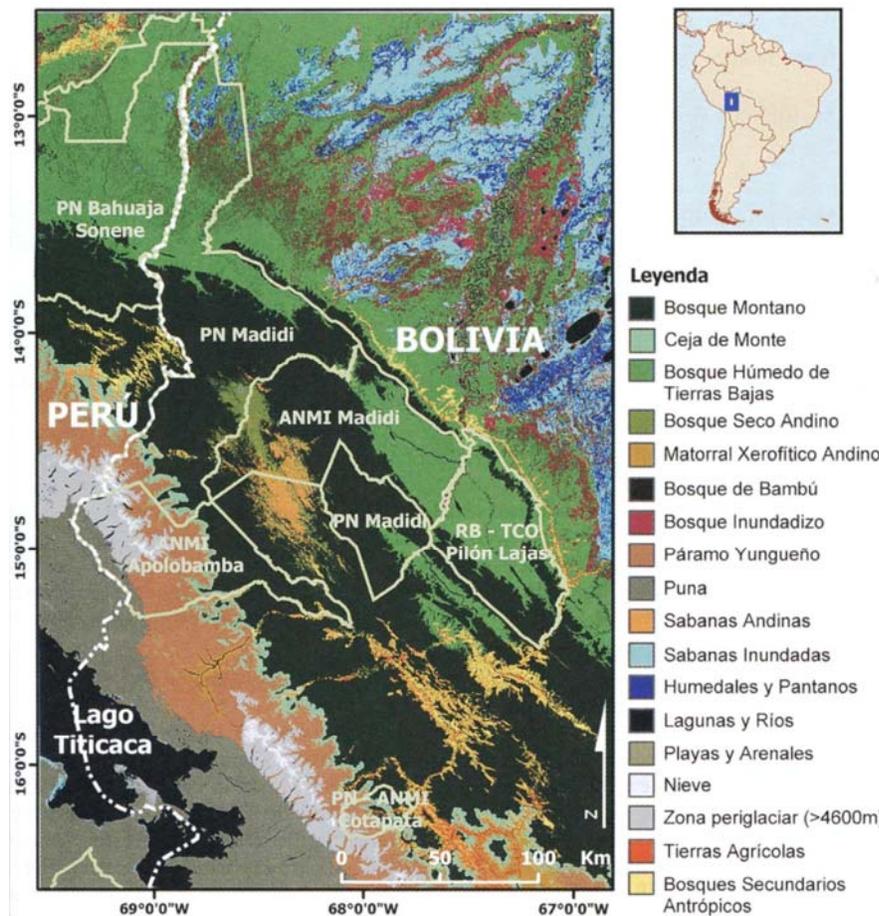


Figura 3. Mapa de vegetación de la región del (PN y ANMI) Madidi, incluyendo las áreas protegidas de Apolobamba (ANMI), Pilón Lajas (PN) y Cotapata (PN y ANMI).

Fuente: Killeen *et al.* (2005)

Es colindante con las áreas protegidas **Apolobamba** y **Pilón Lajas** en Bolivia; así como **Bahuaja Sonene** y **Tambopata** en el Perú (Figura 3), este gran complejo forma parte del corredor de conservación Vilcabamba-Amboró (Figura 4), un área geográfica en los Andes tropicales designada como “Hotspots” o áreas que muestran una excepcional concentración de especies endémicas y elevados valores de biodiversidad. Una gran variedad de estudios han identificado al Madidi como uno de los centros de mayor

² [http \(www.sernap.gov.bo/madidi\)](http://www.sernap.gov.bo/madidi), 2002).

biodiversidad en el Mundo (Parker & Bailey 1991, Remsen & Parker 1995), esto se debe a la gran complejidad de pisos ecológicos que están representados por diferentes bosques y sabanas (Killeen *et al.* 1993, Ribera *et al.* 1996, Kessler & Helme 1999).

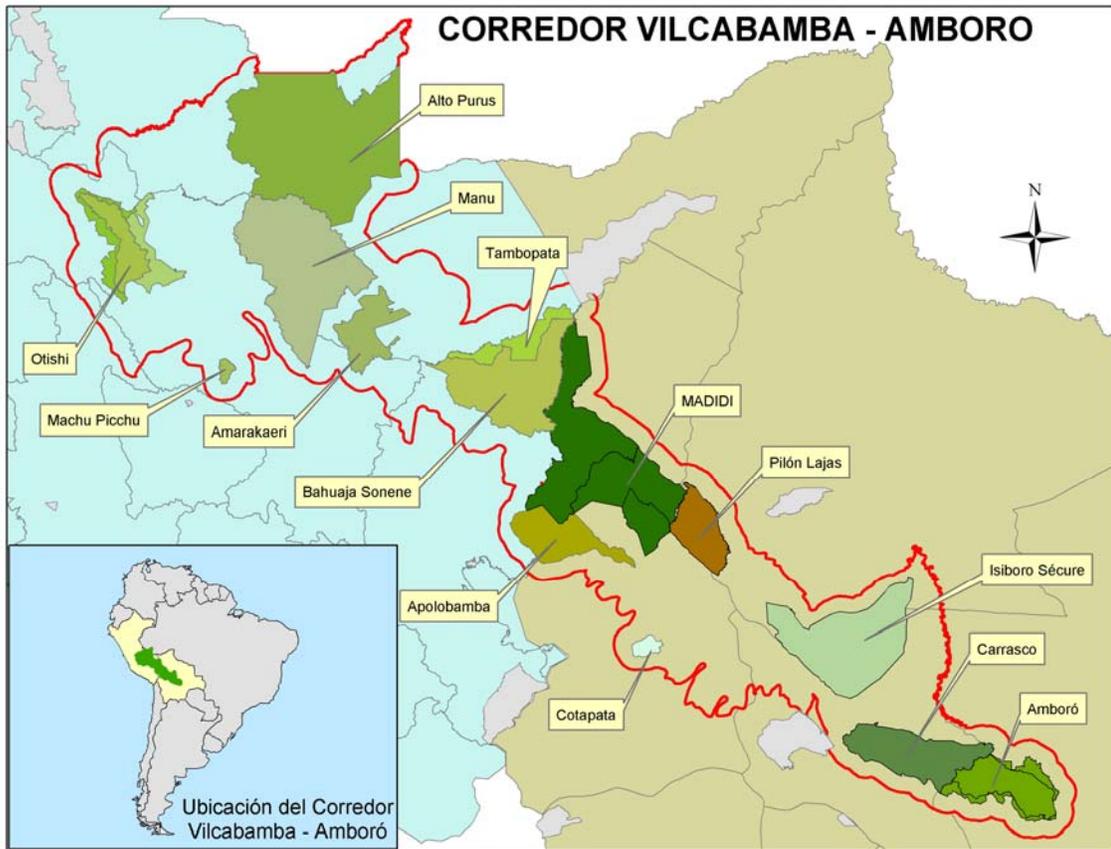


Figura 4. Corredor Villcabamba—Amboró
Fuente: Conservación Internacional (2002)

El bosque seco semideciduo situado en el piso subandino por debajo de los 1.200–1.300 m, dentro del Madidi esta representado en el valle del Tuichi, este bosque cubre un área aproximada de 700 km² los cuales se encuentran poco alterados y en un buen estado de conservación (Killeen *et al.* 1998, Kessler & Helme 1999, Fuentes *et al.* 2004, Fuentes 2005), dada la topografía accidentada que presentan, además de las pocas vías de comunicación habilitadas en el área (Plan de Manejo PN-ANMI-Madidi).

2.5 Estudios de la vegetación

La mayoría de los estudios de los bosques secos tropicales se han realizado mediante inventarios florísticos siguiendo diferentes metodologías, como transectos temporales y parcelas permanentes de distintas dimensiones (Gentry & Ortiz 1993), tomando en cuenta plantas leñosas con diámetros a la altura del pecho (DAP) mayores a 2.5 cm y 10 cm respectivamente (Foster & Gentry 1991; Arroyo 1995; Seidel 1995). Otros estudios han abocado su concentración a grupos específicos como los realizados por Frahm & Gradstein (1991) con briófitos o los realizados por Bach *et al.* (1999) en los valles Andinos de Bolivia con grupos seis grupos indicadores de plantas (Acanthaceae, Araceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Palmae y Pteridophyta).

La utilización de estos rangos en diámetro radica en el hecho de que el estudio de la vegetación en estos bosques, representa ciertos impedimentos debido al alto número de especies, lo cual reduce el área estudiada o implica inversiones extremadas de tiempo y esfuerzo por lo que se requiere el restringir los muestreos, obteniendo de esta forma estudios precisos de grupos indicadores que puedan ser evaluados en el menor tiempo posible y de manera más eficiente. Ejemplos de estudios con esta metodología son los realizados por Gentry & Ortiz (1993) en la Amazonía o por Phillips & Miller (2002) con plantas con DAP \geq a 2.5 cm.

La utilización de parcelas permanentes de 1 ha para leñosas con diámetro mayor a 10 cm permite la observación a largo plazo de la dinámica del bosque y la fenología de sus especies (Seidel 1995), esta metodología estandarizada admite al mismo tiempo una mejor comparación cualitativa y cuantitativa con estudios similares (Alder & Synnott 1992). Muchos trabajos se han realizado con parcelas permanentes de 1 ha para individuos mayores o iguales a 10 cm de DAP en Bolivia, entre los que se citan a Boom (1987) en el norte del Beni; Saldías (1991) con la inventariación de leñosas en el bosque alto del Jardín Botánico de Santa Cruz; el estudio florístico de estructura y composición en la región del Alto Beni (La Paz) realizado por Seidel (1995); los realizados en el bosque montano del norte de La Paz por Bascopé (2004) y Cabrera (2004 y 2005); el de estructura y composición florística en el bosque seco del Madidi (La Paz) realizado por Cayola (2004); Paredes (2008) y Campos (2008).

3. JUSTIFICACIÓN

Los bosques estacionalmente secos en Bolivia en particular los de la zona de Madidi han sido poco estudiados florísticamente y más aún en aspectos cuantitativos (estructura, abundancia, diversidad, otros), sobre todo si se considera que estas zonas representan importantes centros de endemismos, por otro lado son un tipo de bosque fragmentado y bajo permanentes amenazas como la humana con una deforestación intensiva, tanto precolombina como actual (Morales 1995), incendios naturales y otros.

Los estudios estructurales, caracterización y utilización de inventarios cuantitativos que usen el método de parcelas permanentes de muestreo de la vegetación (PPM) son esenciales ya que brindan información acerca del estado de conservación del bosque y la distribución espacial de las especies de uso tradicional y no tradicional, y del estado sucesional en el que se encuentran los bosques. El establecimiento de parcelas permanentes de muestreo PPM, representa el paso inicial al entendimiento de la dinámica del bosque, que a su vez es fundamental para comprender los diferentes aspectos ecológicos, incluyendo el manejo exitoso de los bosques, por lo cual en el presente estudio concuerda en la utilización de esta metodología de establecimiento de PPM, con la instalación de tres parcelas, las cuales cubren un área mayor y representan mejor con datos la distribución de las especies vegetales que se representan en el bosque seco del Madidi.

A corto plazo las PPM ofrecen el conocimiento estructural y florístico de estos bosques, a largo plazo ofrece la posibilidad de realizar estudios complementarios y provee información sobre la dinámica del bosque y los mecanismos biológicos que allí operan, pudiendo así, resguardar las condiciones ecológicas que permitan la existencia de todas las especies presentes en estos ecosistemas, asimismo permitirá conocer las potencialidades y limitantes forestales y no forestales del bosque (p.e. características naturales y de aprovechamiento) que son esenciales en un plan de manejo; en este sentido, existe la prioridad de contar con el conocimiento estructural y florístico de estos tipos de bosque, con el fin de planificar su manejo.

Así el presente estudio pretende generar información descriptiva básica que sea de utilidad para el diseño y el seguimiento de medidas adecuadas para la protección, manejo

y conservación a corto y largo plazo de los bosques secos dentro y fuera de áreas protegidas, presentando un análisis de la composición florística y riqueza de especies, un estudio de la estructura en base a los datos de abundancia, área basal y altura de los árboles y lianas, además de un análisis fitogeográfico preliminar en tres parcelas de 1 ha en el bosque seco subandino del Área Natural de Manejo Integrado Madidi.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Contribuir al conocimiento florístico, manejo y conservación de los bosques secos en Bolivia y los encontrados en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi.

4.2 Objetivos específicos

- a) Realizar una comparación florística de las tres parcelas permanentes de muestreo de 1 ha en estudio.
- b) Evaluar la riqueza florística de las especies arbóreas y lianas presentes en un bosque seco subandino del Madidi.
- c) Determinar la abundancia, dominancia, frecuencia e importancia ecológica de las especies y familias presentes en el bosque seco subandino del Madidi.
- d) Analizar la estructura horizontal y vertical del bosque seco subandino del Madidi.
- e) Analizar las relaciones fitogeográficas de este bosque seco subandino del Madidi.

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Localización del estudio

El Madidi se encuentra ubicado en la región noroeste del departamento de La Paz en las provincias Franz Tamayo, Abel Iturralde y Bautista Saavedra (Ergueta & Gómez 1997, SERNAP 2001). Ubicado en la región oriental de la Cordillera Real, presenta un amplio rango altitudinal que oscila entre los 180 m a 5.760 m (Montes de Oca 1989, SERNAP 2002) (Figura 3). En los alrededores se encuentran dispersas 25 comunidades pequeñas que se concentran en el norte de Apolo y al noreste de Asariamas, en su mayoría conformadas por pocas familias, las cuales concentran sus actividades en el ecoturismo como micro empresas familiares, como en cultivar en las riberas de río Tuichi arroz, yuca y caña entre otros (SERNAP 2000 y 2002).

5.2 Geología y geomorfología

Los bosques secos subandinos se encuentran en laderas de fuerte pendiente, colinas y quebradas profundas. Geológicamente hay un predominio con una franja de rocas del Ordovícico que litológicamente constan de areniscas, ortocuarcitas limonitas, cuarcitas, pizarras y lutitas; otra franja media con predominio de areniscas, lutitas y limonitas del Devónico hacia el oeste y areniscas conglomeradas, lutitas y limonitas del Paleógeno—Neógeno hacia el este (Suárez 2001, Uzquiano & Teisseire 2000).

El Madidi presenta una geomorfología esencialmente montañosa con laderas empinadas, relieves abruptos y cañones profundos. Su geología esta caracterizada por la presencia de rocas del Ordovícico, Devónico, Carbonífero y Cretácico, correspondiendo la mayor parte al Terciario, con el predominio de areniscas, limonitas, cuarcitas, pizarras y lutitas, los valles son sinclinales con sedimentos terciarios, rocas y conglomerados (SERNAP 2002).

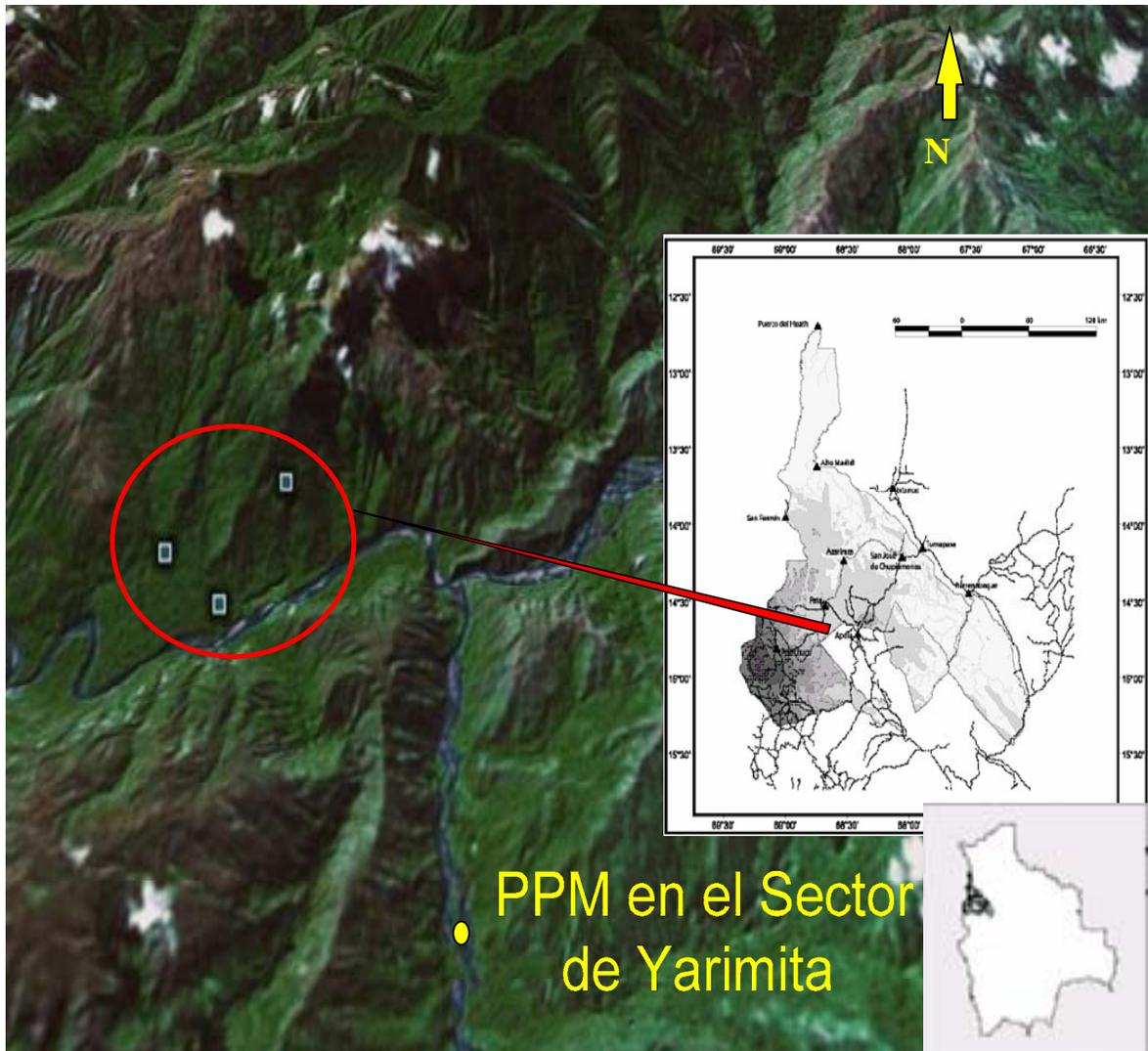


Figura 5. Mapa de la región de estudio dentro del ANMI Madidi, con la ubicación de las tres PPM

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Clima

Esta zona de vegetación tiene un marcado efecto orográfico de sombra de lluvia, presenta un bioclima xérico a semiárido con un índice ombrotérmico ($Io=1.6-3.6$) (Navarro 2002). Los únicos datos meteorológicos para el Madidi son los presentados por AASANA, en la localidad de Apolo ($17^{\circ}43'S$ $68^{\circ}25'O$, a 1.382 m), se encuentra la estación meteorológica mas cercana (Falling Rain Genomics, Inc, 1996-2004). Según datos de AASANA (2002),

en la región de Apolo los datos meteorológicos de los últimos 15 años muestran los meses de octubre a mayo como los meses de mayor precipitación y una época seca que abarca los meses de mayo a septiembre, con una precipitación promedio anual de 760 mm, pudiendo alcanzar valores máximos de precipitación de 1324 mm/año (Figura 6). La temperatura durante el año oscila entre 19 a 24°C, con una media anual de 20.3°C, la máxima temperatura se registra en octubre con 24°C y la mínima en julio con 19.8°C (Figura 6).

De acuerdo al mapa de precipitación elaborado por Müller *et al.* (2002) la zona de estudio (río Tuichi) se encuentra entre las isoyetas correspondientes a 1.200 y 1.400 mm de precipitación pluvial, asimismo el mapa de humedad muestra que el número de meses áridos en la cuenca del Tuichi es de 3 a 5, lo cual corresponde a un bosque pluviestacional a xérico (Fuentes 2005). Según Müller *et al.* (2002) en su mapa de vegetación potencial y Fuentes (2005) en su trabajo de introducción a la vegetación potencial del Madidi, observan que esta cuenca pertenece al piso climático de tierra subtemplada, con una época seca entre mayo a agosto y una época húmeda que abarca de noviembre a marzo (AASANA 2002).

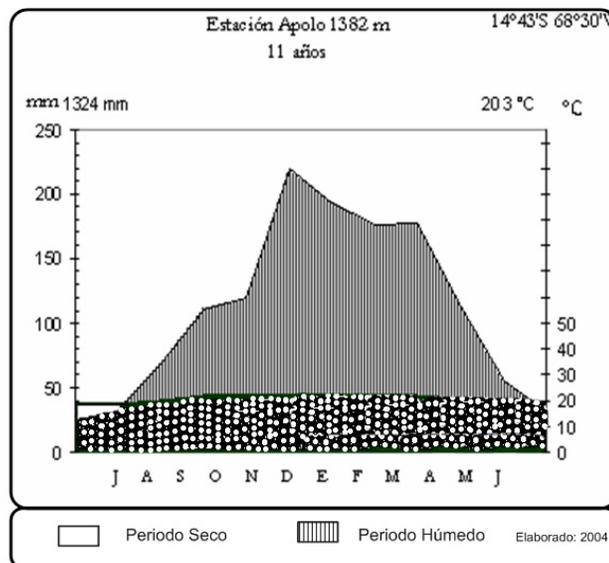


Figura 6. Climadiagrama de la región de Apolo y sus proximidades
Fuente: AASANA (2002)

5.4. Suelos

Los suelos de la faja subandina oriental son muy jóvenes en comparación con los suelos del precámbrico (Escudo Brasileño) colindantes con el noreste, donde se realizó una meteorización muy profunda durante millones de años (Elbers 1995). Los suelos de los bosques secos se caracterizan por ser poco profundos y pedregosos, muy susceptibles a la erosión hídrica, de color pardo grisáceo muy oscuro en la superficie, que cambia gradualmente a rojo en el subsuelo, texturas dominantes franco arenosas a franco arcillo arenosas, por lo común el material parental se presenta entre 30 a 50 cm de profundidad, algunas veces presentan texturas arenosas en el subsuelo (Montes de Oca 1997, EUROCONSULT 1999, Uzquiano & Teisseire 2000), con una capa de materia orgánica muy delgada de pocos centímetros (Morales 1995, Bach *et al.* 2003).

GEOBOL (1985) en su estudio de los recursos naturales del departamento de La Paz clasifica los suelos de las cercanías de la localidad de Pata en Apolo como suelos de pendientes suavemente inclinados a muy escarpados con afloramientos rocosos, muy poco profundos a muy profundos; color: gris muy oscuro, pardo oscuro, pardo amarillento, pardo rojizo y pardo fuerte; textura: Arenoso Franco, Franco Arenoso y Franco Limoso, con grava y piedras; capa de hojarasca en descomposición; fertilidad alta a baja, muy fuertemente ácidos a suavemente alcalinos.

5.5. Vegetación

La vegetación andina ocupa un amplio rango altitudinal y climático, con extensas zonas de confrontación en la región con la vegetación amazónica de tierras bajas (Fuentes 2005), encontrándose una transición de los bosques amazónicos y los andino–yungueños a los 1.200 m aproximadamente (Navarro 2002). Se pueden encontrar también en la región andina bosques que emergen desde los 800–900 m de altura como los que se desarrollan en el valle seco del Tuichi, los cuales corresponden a relictos de vegetación de otras regiones biográficas que han quedado aisladas debido a fluctuaciones climáticas pasadas (Fuentes 2005).

Los bosques bajos deciduos del piso subandino por debajo de los 1.200–1.300 m con clima xérico o bosque yungueño subandino xérico (Figura 7) son muy similares

florísticamente al bosque subandino pluviestacional subhúmedo con el que comparten especies, pero que se diferencia de estos por la presencia de cactáceas endémicas de esos valles como *Cleistocactus* ssp., *Pereskia weberiana* y *Samaipaticereus inquisivensis* (Navarro 2002, Cayola 2004, Fuentes *et al.* 2004, Fuentes 2005).

Las familias Anacardiaceae, Bombacaceae, Caricaceae, Cactaceae, Capparaceae, Asteraceae, Fabaceae, Sapindaceae, Verbenaceae y Ulmaceae son las familias leñosas más importantes de estos valles (Beck *et al.* 1993, Navarro 2002, Fuentes *et al.* 2004, Cayola 2004), aunque esto difiere en relación con otros bosques secos emparentados florística y estructuralmente, como los de la Chiquitanía en los que las familias dominantes suelen ser Fabaceae, Apocynaceae y Bignoniaceae (Killeen *et al.* 1998).

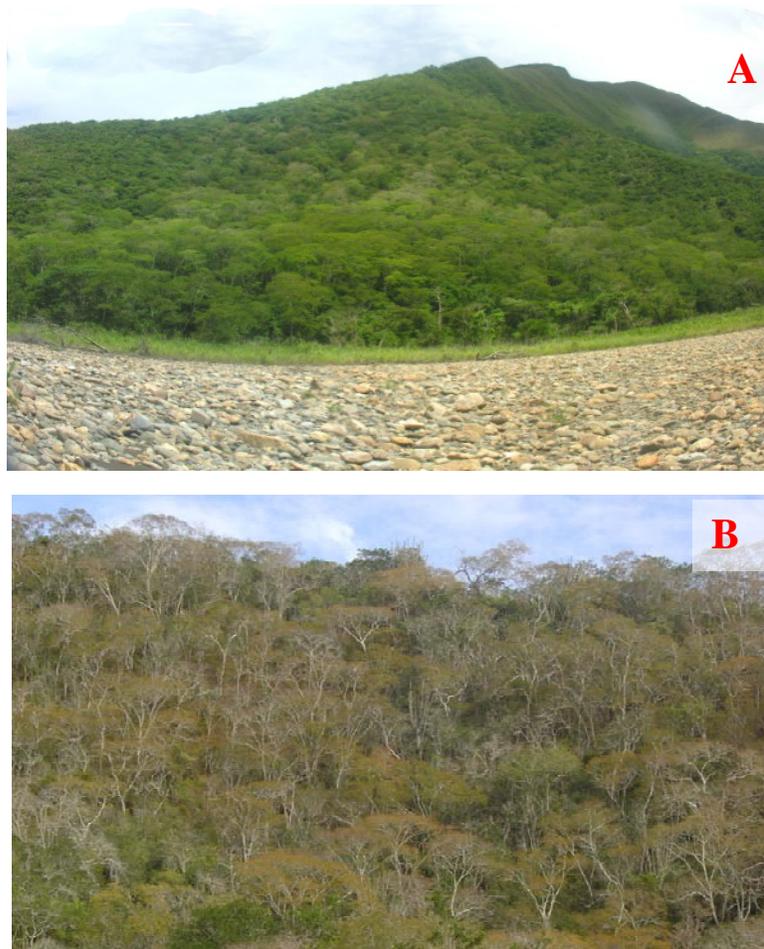


Figura 7. Vista del área de estudio de un bosque seco subandino, en el valle del río Tuichi, A) época húmeda, B) época seca Localidad de Yarimita—Apolo. Fuente: Proyecto Madidi 2005

6. METODOLOGIA

La evaluación de la composición de especies y estructura de la vegetación se ha realizado mediante el estudio comparativo de tres parcelas permanentes de 1 ha, los mismos que proporcionan datos cualitativos y cuantitativos que permiten describir, conocer y analizar las comunidades vegetales que se presentan (Mostacedo *et al.* 2000).

6.1. Etapas del muestreo

6.1.1. Localización del sitio de estudio

Para la localización del sitio de estudio se consultó el mapa preliminar de vegetación de PN-ANMI Madidi, Apolobamba y Pílon Lajas, elaborado por el Departamento de Geografía, Museo Noel Kempff Mercado, escala 1:250.000 y una carta topográfica de Virgen del Rosario escala 1:100.000, elaborada por el Defense Mapping Agency Center, Washington, D.C., además de la utilización de imágenes satelitales de Google EarthWin.

El estudio fue realizado en Marzo de 2005, la zona de estudio se encuentra entre pendientes que oscilan entre 10° a 30°, próxima a la pequeña comunidad de Virgen del Rosario, ubicada en la provincia Franz Tamayo, específicamente en el sector de Yarimita a orillas del río Tuichi. Se instalaron tres parcelas permanentes de muestreo en: **1)** fondo de valle (14°32'48.3"S 68°41'36.6"O) a 940 m, **2)** ladera (14°32'26.6"S 68°41'24.5"O) a 1.020 m y **3)** ladera alta (14°33'05.2"S 68°41'08.9"O) a 1.170 m (Figura 5), a las que se accede por carretera desde La Paz a Apolo y al nor-oeste hacia Pata, continuando luego a pie por unos 12 km con dirección oeste.

Esta zona pertenece al tipo de bosque mayormente montano bajo y semideciduo montano bajo (Müller *et al.* 2002), además es un área poco intervenida en la actualidad debido a su difícil acceso, aunque se ha podido evidenciar la presencia de plantas de café, lo cual sugeriría que pudo haber en algún momento un cafetal en los alrededores.

6.1.2. Diseño e instalación de la parcela permanente de muestreo (PPM)

Cada parcela permanente fue establecida en lugares representativos del bosque, considerando la homogeneidad de la topografía, la accesibilidad al lugar y de no caer en claros de bosque, además de cotejar y comprobar con los mapas los lugares escogidos para nuestro objetivo (Figura 3 y 7).

Se instalaron tres parcelas de 100 x 100 m (1 ha), cada una individualmente subdividida en 25 subparcelas de 20 x 20 m (Figura 8). Se inicio la instalación ubicando primero un punto de origen el cual fue georeferenciado, este punto fue el vértice obteniendo las coordenadas iniciales 0.0, a partir de este se abrió una senda principal en cada lado de la PPM de 100 m de largo por 1 m de ancho para acceder a la parcela, de esta manera no se altera la estructura de la vegetación sobre la línea de muestreo.

La simetría de la parcela fue lograda con ayuda de una brújula, de tal forma que la parcela tuviera una forma cuadrangular (Figura 9). Sobre las sendas de amortiguamiento se colocaron cada 20 m estacas marcadas con cintas flagging de color naranja comenzando con el vértice (0,0) punto inicial donde se encuentra el mojon principal (Figura 8 y 9), indicando el valor de la distancia que se acumulaba. Estas a su vez demarcaron los límites de cada una de las 25 subparcelas, para cada PPM (Figura 10). Al mismo tiempo en cada vértice de las subparcelas de 20 x 20 m y cada 10 m fueron marcados con tubos PVC de ½", cortados a 60 cm de largo y pintados en la parte superior de color rojo, en cada tubo al lado de la estaca de subparcela se anoto la distancia acumulada (0, 20, 40, 60, 80 y 100 m), esta acción facilito la identificación de cada subparcela y la ubicación espacial de los árboles después.

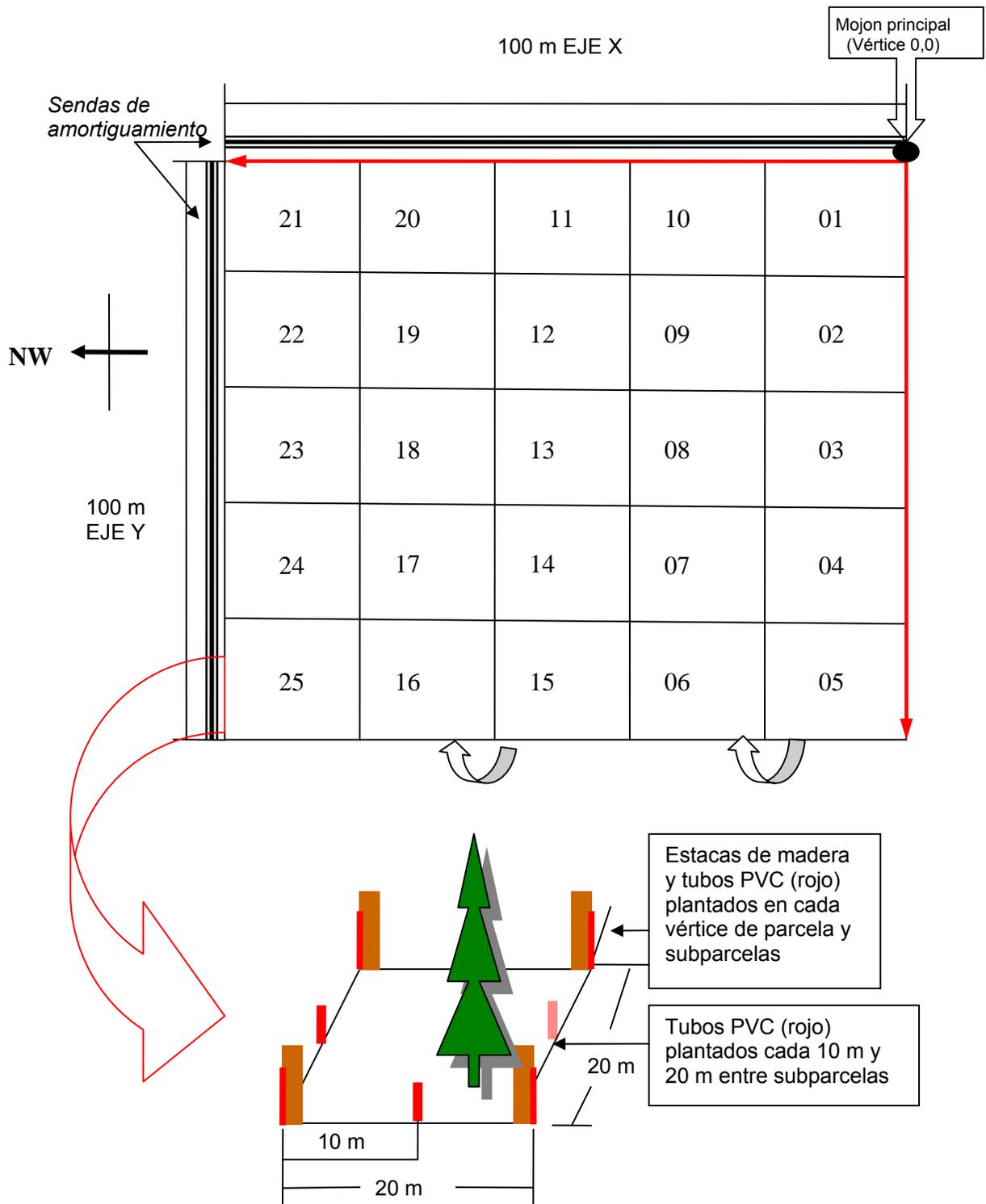


Figura 8. Modelo de Parcela Permanente de Muestreo (PPM de 1ha), subdividida en parcelas de 20 x 20 m y divisiones de 10 m

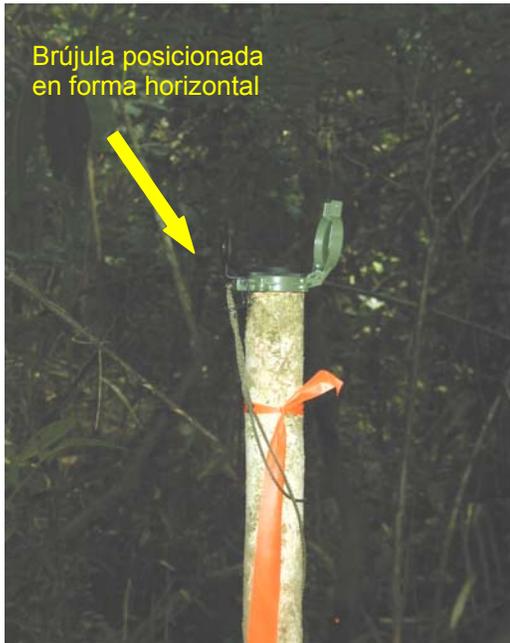


Figura 9. Instalación de PPM, con la ayuda de una brújula.



Figura 10. Estaca con cinta flagging y tubo PVC, para demarcación de subparcela.

6.1.3. Muestreo de suelos

Se realizó el muestreo de suelos en sitios escogidos al azar dentro de cada parcela, en un número de tres muestras para cada una, obteniendo un total de nueve muestras para las tres parcelas. La metodología utilizada para el muestreo consistió en limpiar el suelo de hojarasca, para luego cavar y recolectar todo el material depositado en un diámetro de 20 x 20 cm y a una profundidad de 40 cm, estas muestras se mezclaron en el lugar y se obtuvo un aproximado de 1 Kg de muestra, estas muestras fueron embolsadas, etiquetadas bajo un código de acuerdo a la subparcela y parcela de procedencia, además del código de colector (JRU 1, JRU 2, etc.), posteriormente secadas y procesadas en los Laboratorios de Calidad Ambiental del Instituto de Ecología para su análisis (Anexo10).

6.1.4 Levantamiento florístico y caracterización de la PPM

La toma de datos se realizó considerando a las subparcelas como planos cartesianos (X,Y), donde cada individuo censado tendría sus propias coordenadas. Se midieron todos los árboles y lianas que presentaron un DAP mayor o igual a 10 cm, esta medida se la realizó a 1.30 m de altura del individuo desde la base (Figura 11). En árboles con aletones grandes que superaban la altura del pecho, el diámetro fue medido a 20 cm por encima de estos para estimar su DAP. El marcaje de cada árbol se llevó a cabo usando de una placa metálica de aluminio con un número creciente impreso, al mismo tiempo se tomaron apuntes de su ubicación exacta en la subparcela mediante el registro de sus coordenadas (X,Y) (Figura 11).



Figura 11. Medición del DAP a 1.30 m de altura desde la base del tronco y ubicación de la placa de aluminio.



12. Equipo de trabajo de muestreo, consistente en: a) Medidor de DAP, b) Plaqueteador, c) Planillero

Para optimizar el tiempo y los recursos humanos se organizó el equipo de trabajo bajo un orden de intervención como muestran las figuras 12 y 13. El medidor de DAP (Figura 12a) es la primera persona en intervenir en la toma de datos, mide el DAP del individuo

muestreado, limpiando primero el tronco de cualquier musgo o incomodidad para este fin y señala el lugar donde será puesta la placa, a 20 cm sobre el lugar donde midió el DAP y finalmente dicta al planillero el dato correspondiente. En casos específicos en que los individuos muestreados no presentaron una horizontalidad referente del tallo se tomó el DAP según casos especiales propuesto por Dallmeier (1992) como demuestran las (Figuras 14 y 15).



Figura 13. Recolector de muestras o matéro.

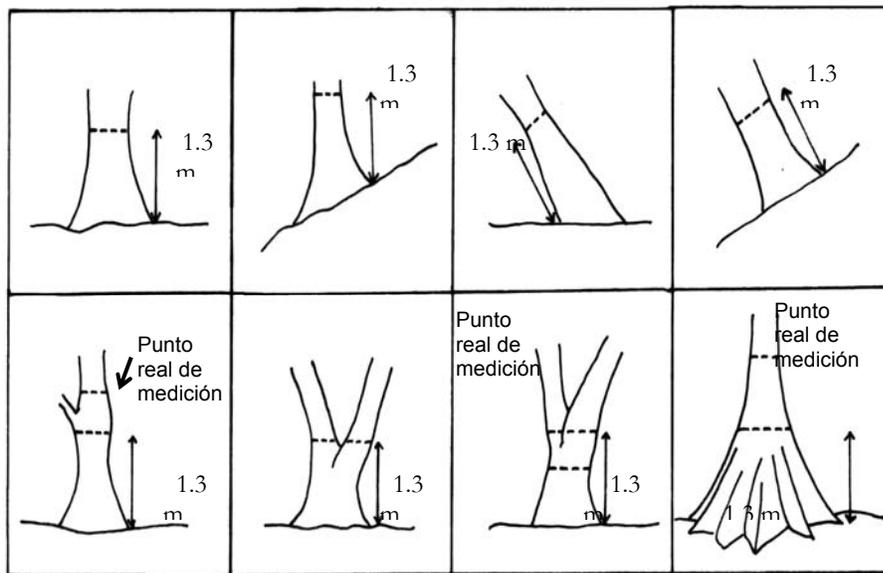


Figura 14. Métodos para medir el DAP. Fuente: Dallmeier (1992)

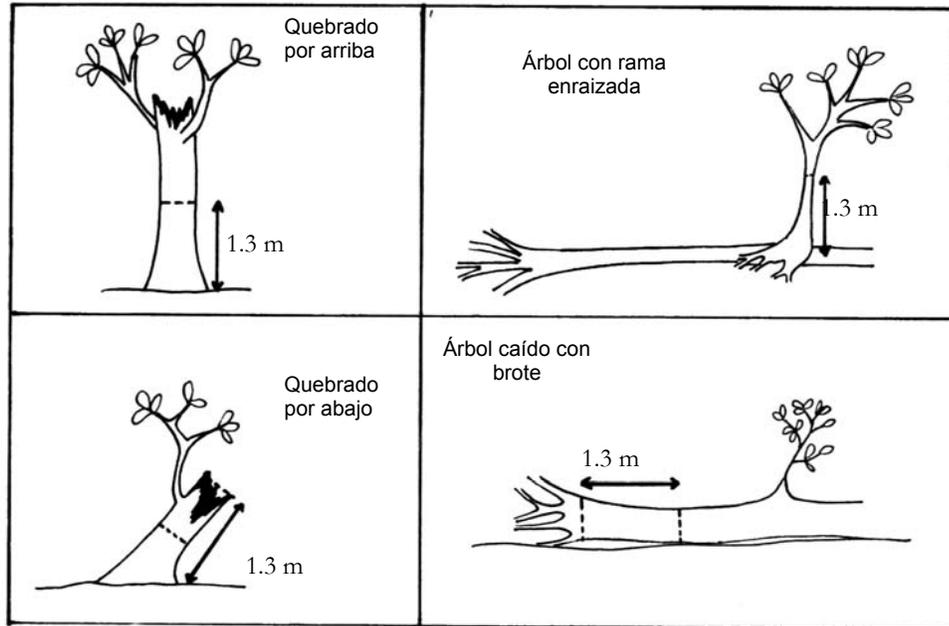


Figura 15. Métodos para medir el DAP en troncos irregulares.

Fuente: Dallmeier (1992)

El plaqueteador (Figura 12b) prosigue luego a identificar el lugar donde el medidor del DAP marco para posicionar la placa correlativa para el árbol o liana correspondiente, teniendo cuidado de que este número sea el correlativo, de no sobrepasar el grosor de la corteza del árbol en el momento de clavar, de posicionar en una sola dirección las placas, (generalmente con vista al punto de inicio de la parcela) y finalmente de dictar el número de la placa al planillero y dar los datos dendrológicos del espécimen como son el aroma del tronco, tipo y color de exudado, presencia de aletones, características de las hojas, corteza (textura y olor), color de flores y forma de los frutos. También parte de su trabajo es estimar la altura total y altura del fuste del individuo que se refiere a la altura desde el suelo hasta la primera rama (ver Figura 16).

Al mismo tiempo el recolector de muestras o matero (Figura 13) realiza la colección de muestras, con cuatro duplicados para las especies estériles y hasta ocho duplicados si las especies se encontraban fértiles, separándolas de las demás muestras en bolsas plásticas individuales y etiquetándolas correlativamente con un código preestablecido en la planilla de campo.

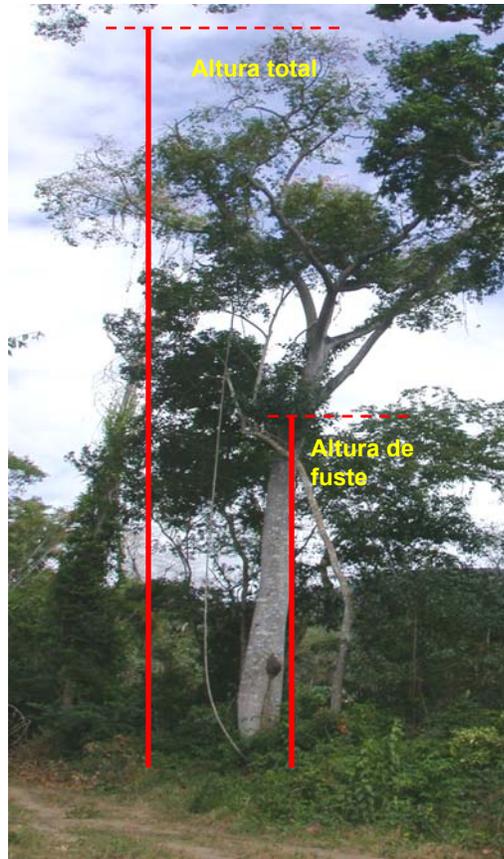


Figura 16. Registro de datos de altura total y fuste de cada individuo censado.

El planillero (ver Figura 12c) se encargó de tomar nota en planillas de campo estandarizadas (anexo 1) de todos los datos que los demás componentes del equipo dictaron, teniendo cuidado de colocar cada uno de los datos en las casillas correspondientes y de verificar el orden correlativo de placa y de número de muestreo del árbol. Además se toma nota de las colectas de todos los individuos registrados como especies diferentes o cuya identificación no fue confiable en campo. Las colectas fueron especificadas por un número correlativo y determinadas a nivel de familia o especies durante el trabajo de campo, se tomó nota de los siguientes parámetros: nombre común proporcionado por el matero experimentado, familia y nombre científico, DAP, altura del fuste y altura total.

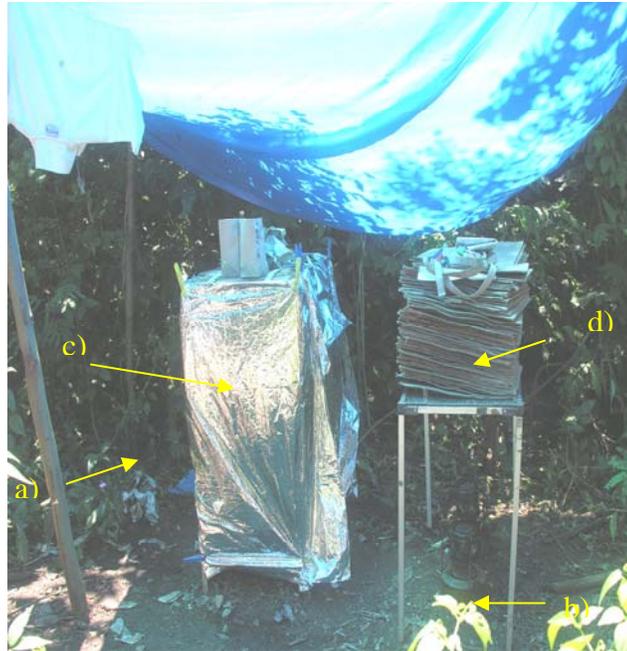


Figura 17. Material de campo para secado de muestras. a) secadora de campo instalada con especímenes; b) estufas a kerosén, c) bolsa térmica, d) muestras prensadas.

El material botánico fue prensado y secado en campo. Se usó dos secadoras de aluminio, cuatro estufas a kerosén y bolsas térmicas para mantener la temperatura durante el periodo de secado (Figura 17). Además se registraron datos de las variables ecológicas como:

- **posición de la copa con respecto a la luz solar** (Dawkins 1958) (Figura 18)

Categoría 1: Emergente, copa vertical y horizontalmente expuesta a la luz, libre de competencia lateral.

Categoría 2: Dominante, copa con la parte superior plenamente expuesta a la luz vertical pero adyacente a otras copas de igual tamaño.

Categoría 3: Codominante, la parte superior de la copa está expuesta al sol, o parcialmente sombreada por otras copas.

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

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

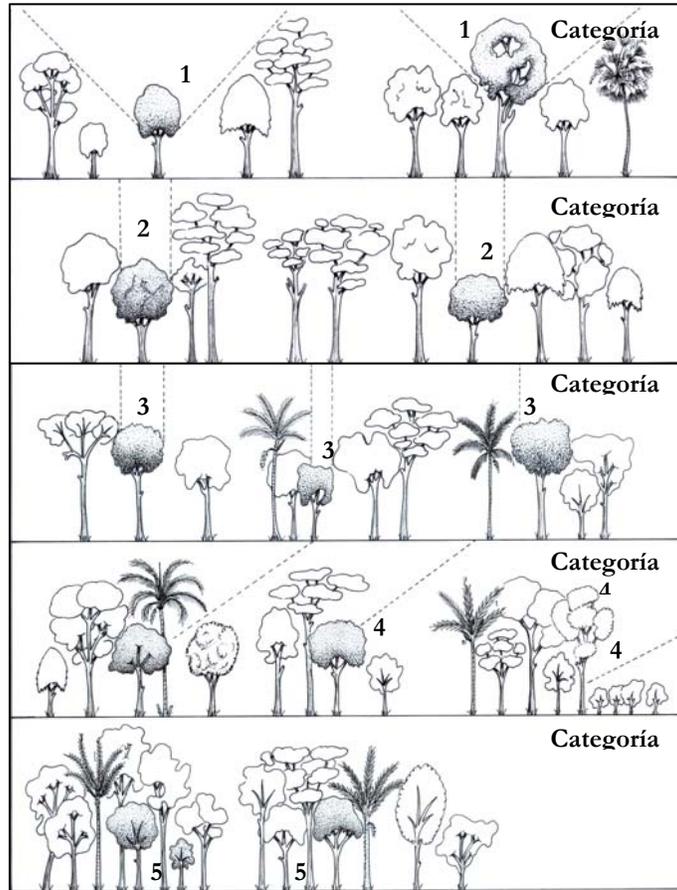


Figura 18. Categorías de posición de copa con respecto a la luz solar.

Fuente: BOLFOR (1999)

- **Forma de la copa** (Dawkins 1958) (Figura 19)

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

Categoría 2: Buena, similar a la copa perfecta, con alguna asimetría leve o algún extremo de rama muerta.

Categoría 3: Tolerable, evidentemente asimétrica o rala, pero con capacidad de mejorar si se les da espacio.

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

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

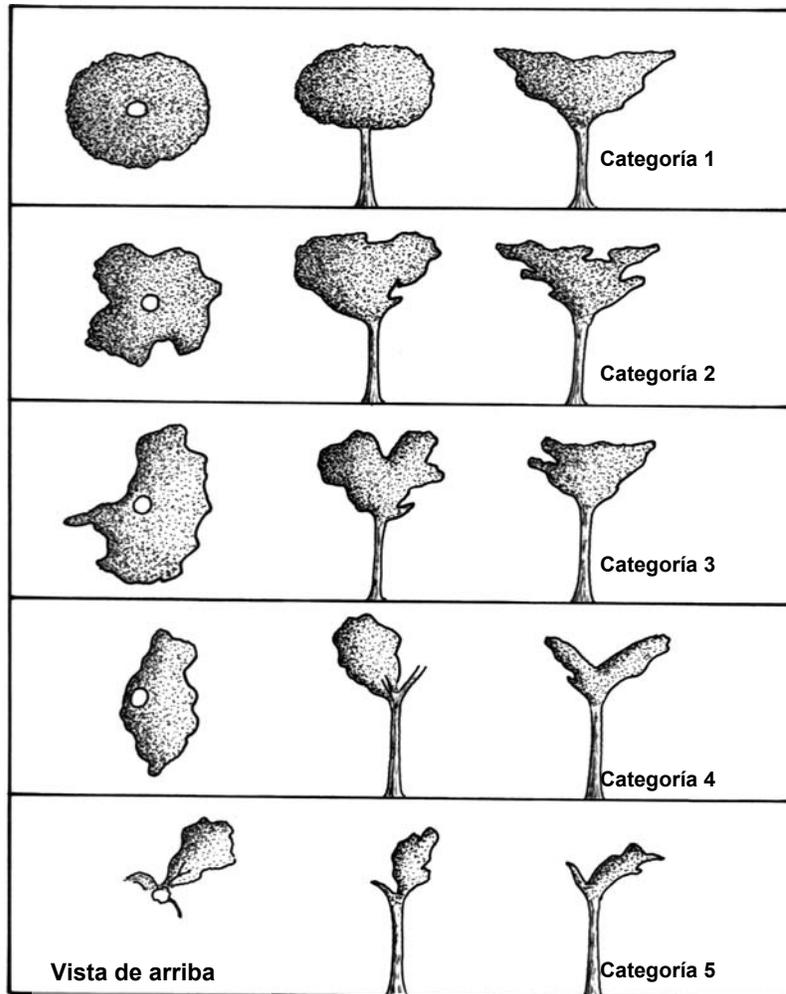


Figura 19: Categorías de forma de copa. Fuente: BOLFOR (1999)

- **Infestación de lianas** (Lowe & Walker 1977) (Figura 20)

Grado 1: Árbol libre de lianas.

Grado 2: Presencia de lianas solamente en el fuste, la copa esta libre de ellos.

Grado 3: Presencia leve de lianas en el fuste y la copa, pero no afectan el crecimiento terminal.

Grado 4: La totalidad de la copa cubierta y el fuste cubierta de lianas, el crecimiento terminal esta seriamente afectado.

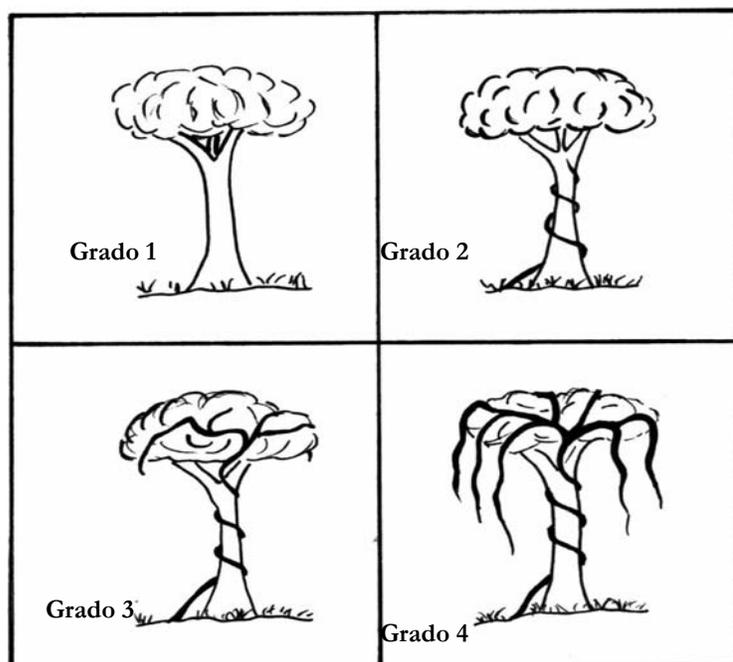


Figura 20: Grado de infestación de lianas.

Fuente: BOLFOR (1999).

6.1.5. Identificación taxonómica

Las colectas fueron identificadas parcialmente durante el trabajo de campo. La identificación taxonómica completa se realizó posteriormente en el Herbario Nacional de Bolivia (LPB) con la colaboración del personal e investigadores asociados. Fueron utilizadas también claves taxonómicas y comparación con especímenes montados existentes en las colecciones del LPB. Duplicados de cada especie fueron también enviados a especialistas del interior y exterior para su identificación incluyendo el herbario del Missouri Botanical Garden (MO), Herbario Real de Madrid y New York Botanical Garden.

6.2 Parámetros cuantitativos evaluados

Para el análisis cuantitativo dentro de la comunidad se utilizaron los parámetros y atributos más importantes que son: la estructura, abundancia, composición, dominancia, frecuencia y valor de importancia; estos descritos por Matteucci & Colma (1982).

Para expresar cuantitativamente el análisis de composición florística se utilizaron los siguientes parámetros: diversidad, densidad, dominancia y frecuencia, los que en combinación describen florísticamente la comunidad vegetal.

6.2.1 Diversidad florística

El contacto con la biodiversidad y su reconocimiento es una de las experiencias más emocionantes de la existencia humana (Rozzi *et al.* 2001). La enorme y compleja diversidad biológica puede ser descrita y analizada dentro de un esquema jerárquico de niveles de organización biológica que va desde genes hasta paisajes, en el cual se distinguen tres atributos: composición, estructura y función (Smith & Smith 2001). La **composición** de la biodiversidad incluye los componentes físicos de los sistemas biológicos en sus distintos niveles de organización. Este es el atributo más reconocido de la biodiversidad y ha motivado la confección de bancos de germoplasma e inventarios de especies y la identificación de comunidades y ecosistemas en estado precario de conservación (Smith & Smith 2001).

La diversidad se define frecuentemente en función del número de especies encontrado en una comunidad, una medida llamada **riqueza de especies** (Rozzi *et al.* 2001; Smith & Smith 2001). Varios índices matemáticos han sido desarrollados para enlazar la diversidad de especies en tres escalas geográficas diferentes: la **diversidad alfa** el número de especies en una comunidad o sitio determinado, esta diversidad es cercana al concepto de riqueza de especies y puede usarse para comparar el número de especies en sitios particulares o tipos de ecosistemas. La **diversidad beta** es una medida del grado de partición del ambiente en parches o mosaicos biológicos. Este componente de la diversidad es particularmente importante a escala del paisaje, donde cuantifica el grado de recambio de especies a lo largo de gradientes geográficos o ambientales. Y la **diversidad gamma** se refiere al número de especies en una región más grande o en un continente, esta diversidad permite comparar grandes extensiones que mantienen diversas comunidades biológicas en un área geográfica amplia que incluye varios hábitats. La diversidad gamma de un paisaje resulta de la diversidad alfa de sus comunidades y del grado de diversificación o diversidad beta entre ellas (Whittaker *et al.* 1992).

Para conocer el área mínima de muestreo y lograr conocer el número más aproximado de especies que hay en un sitio, se utilizó la curva área-especie donde la relación entre superficie y número de especies acumuladas nos dan una idea del área mínima necesaria a muestrear para registrar el número de especies presentes en el lugar, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizara en una asíntota (Lamprecht 1990, Espinoza 2001) (Figura 21).

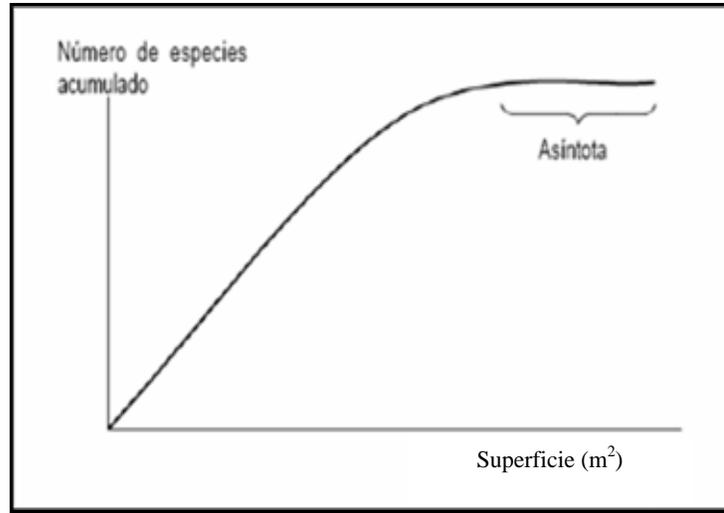


Figura 21. Curva de acumulación de especies.

Fuente: Lamprecht 1990

6.2.2 Índices de diversidad florística y afinidades florísticas entre sitios (Índice de similaridad)

Para medir la similitud florística entre sitios diferentes se han propuesto diversos índices, como el índice de Shannon (H'), otro índice habitual es el índice de Simpson (Margalef 1977, Odum 1983), aunque en este trabajo solo se considerara el primero.

6.2.2.1 Índice de Shannon (H')

Es una medida de la cantidad de incertidumbre de modo tal que cuanto mayor sea el valor de H' , mayor será la incertidumbre de predecir correctamente la especie del siguiente individuo colectado. Este índice combina dos componentes de la diversidad, el número de

especies y la uniformidad o equitatividad de la distribución de los individuos entre las especies (Margalef 1977).

$$H' = - \sum^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde:

H' = es la diversidad de especies

s = es el número de especies

p_i = es la abundancia proporcional de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie i .

Los dos componentes de este índice, la riqueza de especies y la equitatividad de especies, pueden ser separados, la forma más sencilla de determinar la riqueza de especies consiste en contar el número de especies. Para determinar la equitatividad, primero se tiene que calcular H'_{max} que es el valor que tendría H' si todas las especies en la comunidad tuviesen el mismo número de individuos:

$$H'_{max} = \ln S$$

Donde:

\ln = es el logaritmo natural

S = es el número de especies

Finalmente se mide la **Equitatividad o Equidad de Pielou (J)** que da la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Odum 1983; Magurran 1988).

$$J' = H' / H'_{max}$$

Donde:

$H'_{max} = \ln(\text{especies})$

6.2.2.2 Similitud entre comunidades (Índices de similaridad)

Los coeficientes de similitud han sido muy utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad beta). El método a menudo más recomendado es el índice de Morisita, basado en el índice de dominancia de Simpson, no obstante aquí se utilizarán dos otros enfoques más sencillos que son: el *coeficiente de similitud* de Sorensen y el *porcentaje de comunidad o similitud* de Sorensen (Margalef 1977; Odum 1983).

6.2.2.3 Coeficiente de similitud de Sorensen (Margalef 1977)

Este índice no considera la abundancia relativa de las especies, es mucho más útil cuando el principal interés es la determinación de la presencia o ausencia de las especies. Para hallar el coeficiente de comunidad hay que aplicar la ecuación:

$$CC = 2c / s_1 + s_2$$

Donde:

c = es el número de especies comunes a ambas comunidades

s₁ y s₂ = son el número de especies en la comunidad 1 y 2.

6.2.2.4 Porcentaje de similitud (Odum 1983)

Este índice no considera la abundancia relativa de especies en cada comunidad. Para calcular el porcentaje de similitud (PS) primero hay que tabular la abundancia de especies en cada comunidad como un porcentaje. Luego hay que calcular la suma del menor valor de porcentaje para cada especie que las comunidades tienen en común.

$$PS = ab \% 1 + ab \% 2 + \dots$$

Donde:

ab% es la abundancia porcentual menor de la especie en común encontrada

6.3. Composición arbórea

La composición de especies, que incluye tanto su número como abundancia relativa, define la estructura biológica de una comunidad. Una comunidad puede estar formada por unas pocas especies comunes; o puede poseer una gran variedad de especies, algunas comunes con alta densidad poblacional, pero la mayoría raras con bajas densidades poblacionales (Smith & Smith 2001). Cuando una única o unas pocas especies predominan en una comunidad, estos organismos son **dominantes**.

No es fácil determinar las especies dominantes en una comunidad, por lo que se tienen las siguientes medidas de dominancia:

6.3.1 Abundancia

Habitualmente 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) son consideradas usualmente como 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 (Killeen *et al.* 1998), o el número de individuos de una especie, familia o clase de plantas en un área determinada (Matteucci & Colma 1982). Para medir la abundancia se utilizó la siguiente fórmula (Curtis & McIntosh 1951):

$$Ab = N / A$$

Donde:

N = es el número de individuos de un especie o familia

A = corresponde a una área determinada

6.3.2 Abundancia relativa

Se expresa la abundancia absoluta en relación porcentual. Para medir la abundancia relativa se utilizó la siguiente fórmula (Curtis & McIntosh 1951):

$$Ar = (N / Nt) \times 100$$

Donde:

N = es el número de individuos de una especie o familia

Nt = es el número total de individuos

6.3.3 Dominancia

La dominancia es un pronóstico de la abundancia relativa de una especie. En la experiencia se considera dominante aquella categoría vegetal que es la más notable en una comunidad, ya sea por su altura o su cobertura o su densidad; o también puede estimarse a base de cualquiera de las variables de abundancia. Esta se expresa en valores absolutos por unidad de superficie o valores relativos. En estudios forestales la dominancia se mide en función del área basal de la especie (Matteucci & Colma 1982). Para determinarla se utilizó la fórmula detallada a continuación:

$$AB_{abs} = (\pi / 4) \times (D)^2$$

Donde:

AB_{Abs} = es área basal absoluta

π = es 3.1416

D = es el diámetro a la altura del pecho (DAP).

6.3.4 Dominancia relativa

Matteucci & Colma (1982), proponen que la dominancia relativa es el área basal relativa y estiman la misma en base al área basal total de una especie, sobre la suma del área basal de todas las especies.

$$Ab \% = (AB\ sp / AB\ total) \times 100$$

Donde:

AB sp = Área basal de la especie

AB total = Área basal total

6.3.5 Frecuencia

Se define como la regularidad de la distribución de cada especie en un área determinada y se mide por la probabilidad de encontrar un atributo (por ejemplo una especie) en una unidad muestral particular (Mostacedo *et al.* 2000).

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. Según Lamprecht (1990) las relaciones de frecuencias se pueden categorizar en cinco clases (Tabla 1), que se utilizan para determinar si la formación boscosa es heterogénea (Mayor cantidad de individuos en las clases I y II) y/o homogénea (mayor cantidad de individuos en las clases III, IV y V).

Tabla 1: Clases de frecuencia absoluta
Fuente: Lamprecht (1990)

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

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.

6.3.6 Frecuencia relativa

La frecuencia relativa es calculada en base a las frecuencias absolutas de cada especie sobre la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies encontradas (Matteucci & Colma 1982).

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

Donde:

Fa sp= Frecuencia absoluta de la especie

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

6.3.7 Diversidad relativa

Es la relación que existe entre el número de especies de una familia sobre el total de especies; por lo que generalmente se hace referente al número de especies en un área determinada. La diversidad de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea es la denominada ***diversidad alfa*** (Moreno 2001).

Expresa la relación porcentual entre el número de especies de una determinada familia y el número total de especies encontradas (Matteucci & Colma 1982).

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

Donde:

N° sp = Número de especies de una familia

N° total sp = Número total de especies encontradas

6.3.8 Índice de valor de importancia

Con base a los datos de la evaluación cuantitativa y para llegar a una expresión clara y franca de los parámetros, se realizan los cálculos de valor de importancia de especies (IVI) y de familias (IVIF).

Según Lamprecht (1990) y Balslev *et al.* (1987) el índice de importancia (IVI) de una especie es la suma de su densidad relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa.

$$IVI = (Ar + Ab \% + Fr) / 3$$

Donde:

Ar = es la abundancia relativa de las especies

Ab % = es la dominancia relativa de la especie

Fr = es la frecuencia relativa de la especie

Y el índice de valor de importancia de una familia (IVIF) es la suma de su densidad relativa, dominancia relativa y diversidad relativa.

$$IVIF = (Ar + Ab \% + Div) / 3$$

Donde:

Ar = es la abundancia relativa

Ab % = es la dominancia relativa

Div. = es la diversidad relativa.

6.4 Estructura arbórea

Cada comunidad tiene una *estructura vertical* distintiva. En tierra, esta estructura es determinada en gran manera por la forma de las plantas (su tamaño, forma de ramificar y hojas), la cual a su vez influye y es influenciada por el gradiente vertical de luz. Así la estructura vertical de la comunidad vegetal proporciona el armazón físico al cual están adaptadas a vivir muchas formas de vida animal. Un sistema boscoso bien desarrollado posee varias capas de vegetación, desde arriba hasta abajo, estas son la zona de copas, el sotobosque, la capa de arbustos, la capa herbácea o de tierra y el suelo forestal, son representados por los diagramas de perfil que son descripciones estrictamente fisonómico-estructurales que describen las comunidades vegetales de flora poco conocida (Matteucci & Colma 1982), que representan fotografías del perfil de una vegetación, sea de forma horizontal o vertical (BOLFOR 1999). En la caracterización para definir la estructura vertical del bosque seco de Yarimita se utilizó los estratos definidos por Navarro (2002),

teniendo de abajo hacia arriba los siguientes: a) sotobosque, en el que se ubican todas las especies leñosas menores a 10 m de alto, b) dosel inferior, con leñosas menores a 20 m de alto, c) dosel superior, con árboles menores a 30 m de alto y d) emergentes, con árboles superiores a 30 m de alto.

La estructura horizontal es el arreglo espacial de los árboles, su especie y dimensión asociada a la edad, reflejado en la distribución de individuos por clases diamétricas (BOLFOR 1999), La distribución del número de árboles por clase diamétrica es una relación que permite describir la estructura del bosque. Se obtiene a partir de las áreas basales de todos los árboles que están agrupados dentro de una clase diamétrica, se clasificarán en clases con intervalos de 10 cm que serán luego expresados por una curva.

6.5 Análisis fitogeográfico preliminar

El aporte al conocimiento de las relaciones fitogeográficas de un bosque seco subandino del Madidi, la distribución de especies y sus posibles rutas de dispersión o migración son importantes para comprender la dinámica que ocurre en estos sistemas ecológicos.

Se presenta una caracterización preliminar de los tipos de vegetación en base a un análisis fitosociológico general tomando en cuenta la tipología biogeográfica propuesta por Rivas—Martínez & Navarro (2000), Navarro (2002) y Fuentes (2005), con la representación de las especies encontradas en el área de estudio correspondientes a dos grandes regiones biogeográficas: Andina y Brasileño—Paranense o del Arco Pleistocénico.

La zona de estudio se encuentra en la provincia de los Yungas Peruano—Bolivianos según Navarro (2002) y Navarro & Ferreira (2004), la cual comprende la vegetación boscosa húmeda de las laderas orientales de la cordillera oriental y faja subandina con bioclima pluvial, pluviestacional y xérico, limitando al este con los bosques amazónicos y al oeste con la vegetación altoandina de la Puna peruana (Rivas—Martínez & Navarro 2000, Fuentes 2005). La región Brasileño—Paranense incluye la provincia biogeográfica del Cerrado, por el Norte limita con la región Amazónica, por el oeste con la región Andina y por el sur con la región Chaqueña y con la región Pampeana, cuya vegetación se desarrolla por lo general en bosques semidecídulos, incluyendo también bosques

siempreverdes estacionales. No obstante el grado de defoliación para un tipo determinado de bosque, puede variar considerablemente en relación a la intensidad de la sequía de cada año. Esto explicaría la presencia de especies típicas de cada uno de estos tipos de bosque en la zona de estudio.

Se utilizaron para el análisis solamente las especies con determinación completa, agrupándolas de acuerdo al tipo de bosque del que son características cada una, asignándoles areales corológicos utilizados por los autores ya mencionados.

Definición y características de las unidades biogeográficas

Los bosques pluviestacionales subandinos están situados en el piso subandino inferior y superior, en áreas con bioclima pluviestacional por debajo los 1.000 m de altitud y entre 1.100 –1.200 a 1.800 m de altitud, con un ombroclima subhúmedo, diferenciándose así del bosque subandino pluviestacional húmedo. Contiene mayoritariamente elementos de los bosques semidecíduos del arco pleistocénico para el piso subandino superior como *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Caesalpinia floribunda*, *Capparis coimbrana*, *Casearia gossypiosperma*, *Machaerium scleroxylon*, *Luehea tomentella*, *Maclura tinctoria*, *Myrocarpus frondosus*, *Opuntia brasiliensis*, *Schinopsis brsiliensis*, *Sweetia fruticosa*, *Pachystroma longifolium* y *Copaifera reticulata*. Los elementos del subandino inferior son *Acacia polyphylla*, *Cavanillesia umbellata*, *Cupania cinerea*, *Bougainvillea modesta*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Caesalpinia pluviosa*, *Erythrochiton fallax* y una especie endémica *Pouteria longifolia* (Navarro & Ferreira 2004, Fuentes 2005).

Según Navarro (2002) y Navarro & Ferreira (2004) los bosques húmedos de tierras bajas representados en la zona del Madidi estarían sectorizados con el nombre de distrito amazónico del alto Madidi, que comprende toda la cuenca alta preandina y subandina del río Madidi, así como la mayor parte de la cuenca del Río Tuichi, hasta el comienzo de la zona continua de bosques semidecíduos con flora Brasileño-Paranense, cerca de Asariamamas, presenta bioclimas pluvial y pluviestacional húmedo (lo= 7-11) con termotipos infratropical en el piedemonte preandino termotropical en el subandino. La vegetación de manera preliminar según estudios de caracterización (Navarro & Ferreira 2004, Quisbert & Macía 2005) es la siguiente: *Dypterix odorata*, *Poulsenia armata*, *Swietenia macrophylla*,

Duguetia spixiana, *Calycophyllum spruceanum*, *Iriartea deltoidea*, *Rheedia brasiliensis*, *Styloceras brokawii*, *Rinorea uniflora*, *Copaifera reticulata*, *Guettarda pohliana*, *Casearia gossypiosperma*, *Cariniana estrellensis*, *Myroxylon balsamum*, *Clarisia racemosa*, *Socratea exorrhiza* y *Hura crepitans*.

Valles secos interandinos boliviano-tucumanos, distribuidos en los pisos de ceja de monte, montano y subandino en las cuencas andinas de los ríos Grande y Pilcomayo, con un bioclima predominantemente pluviestacional subhúmedo a localmente húmedo ($Io = 4.0-6.5$) y en las serranías subandinas inferiores y más exteriores presentan bioclima xérico seco ($Io = 2.5-3.5$). Esta zona presenta un límite hacia el norte de flora y vegetación con los Yungas Peruano-Bolivianos, la vegetación que la caracteriza es: *Acacia polyphylla*, *Amburana cearensis*, *Astronium urundeuva*, *Ruprechtia apetala*, *Tabebuia serratifolia*, *Cedrela fissilis*, *Capparis speciosa*, *Capparis coimbrana*, *Eugenia uniflora*, *Schinopsis haenkeana*, *Espositoa guentherii*, *Bougainvillea berberidifolia*, *Acacia lorentensis*, *Piptademia gonoacantha*, *Trichilia clausenii* (Navarro 2002, Navarro & Ferreira 2004).

Los bosques semidecíduos tienen su óptimo de distribución en los bosques semidecíduos de la región brasileño-paranense (Navarro 2002), presentan un bioclima marcadamente pluviestacional ($Io = 2 < 2.5$) con ombroclima subhúmedo inferior ($Io = 3.6-4.5$) y termoclima termotropical inferior ($it = 610-700$), se aprecian elementos de amplia distribución en el llamado arco pleistocénico de bosque seco (Fuentes 2005) como *Allophylus edulis*, *Anadenanthera colubrina*, *Cariniana estrellensis*, *C. ianeirensis*, *Dilodendron bipinnatum*, *Kielmeyera paniculata*, *Hymenaea courbaril*, *Byrsonima crassifolia*, *Luehea splendens*, *Sapindus saponaria*, *Gallesia integrifolia*, *Opuntia brasiliensis*, *Astronium urundeuva*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Lonchocarpus leucanthus*, *Trichilia elegans*, *Thinouia mucronata* y *Holocalyx balansae*

Posteriormente se analizó la distribución de cada especie para observar las afinidades con uno u otro tipo de vegetación, principalmente con los afines al bosque semidecíduo.

7. RESULTADOS

7.1 Diversidad florística y variables dasométricas

En las tres parcelas se censaron un total de 1648 individuos, divididos en 430 individuos para la PPM de fondo de valle (Yarimita I), 614 individuos para la PPM de ladera media (Yarimita II) y 604 individuos para la PPM de ladera alta (Yarimita III) (Tabla 2); que corresponden a 1631 árboles y 17 lianas. Se identificaron un total de 87 especies de árboles con un DAP ≥ 10 cm, representando a 32 familias y 70 géneros.

La mayor diversidad se registra en la parcela III ladera alta de valle, con un índice de diversidad de 3,2 que muestra una distribución equilibrada de sus especies en relación a las otras dos parcelas, que es el resultado de 604 individuos censados, (599 árboles y 5 lianas) un total de 56 colectas realizadas (Figura 22C), divididos en 57 especies y 26 familias. Las variables dasométricas se expresaron en un DAP promedio del rodal de 21.9 cm, con un DAP máximo de 104.3 cm, una altura promedio de 18.1 m, la altura máxima de 38 m y un área basal de 29.8 m²/ha (Tabla 2). Su equitatividad o índice de equidad de Pielou (J) muestra un valor de 0,8 (Tabla 2).

A continuación le sigue la parcela I fondo de valle con un índice de diversidad de 2,9 la cual muestra una distribución equilibrada de sus especies aunque en menor grado con relación a la parcela III, resultado de 430 individuos registrados (423 árboles y 7 lianas) y 54 colectas realizadas (Figura 22A), divididos en 36 especies y 23 familias, en comparación a las otras dos parcelas. Las variables dasométricas se indicaron un DAP promedio del rodal de 23.5 cm, con un DAP máximo de 159.9 cm, una altura promedio de 14.3 m, una altura máxima de 40 m y un área basal de 30.5 m²/ha. Su índice de equidad (J) tiene un valor de 0.8 (Tabla 2).

Por último la parcela II de ladera media, con una diversidad de 2,7 que muestra una baja distribución de sus especies que las anteriores, con sus 614 individuos (609 árboles, 3 lianas y 2 hemiepipfitos) divididos en 45 especies y 22 familias, con 42 colectas realizadas (Figura 22B). Las variables dasométricas se mostraron con un DAP promedio del rodal de 18.4 cm, con un DAP máximo de 84.6 cm, la altura promedio fue de 14.3 m, una altura máxima de 38 m y un área basal de 23.1 m²/ha. El índice de Equidad de Pielou (J) muestra un valor de 0.7 (Tabla 2).

Tabla 2: Comparación de datos generales de las tres parcelas permanentes de muestreo, fondo de valle, ladera media y ladera alta.

Características	Yarimita I Fondo de valle	Yarimita II Ladera media	Yarimita III Ladera alta
Altitud (m) (aproximada)	940	1020	1170
Exposición	N	N	N
Inclinación	10° - 20°	15° - 25°	20° - 30°
Forma de parcela	cuadrangular	cuadrangular	cuadrangular
Número de individuos	430	614	604
Especímenes colectados para identificación	42	54	58
Promedio de DAP (cm)	23.5	18.4	21.9
Altura Promedio (m)	14.3	14.3	18.1
Área basal (m ² /ha)	30.5	23.1	29.8
Número de especies	36	44	57
Número de familias	23	22	26
Índice de diversidad (H')*	2.9	2.7	3.2
Equidad de Pielou (J)*	0.8	0.7	0.8

*Según Magurran (1988)

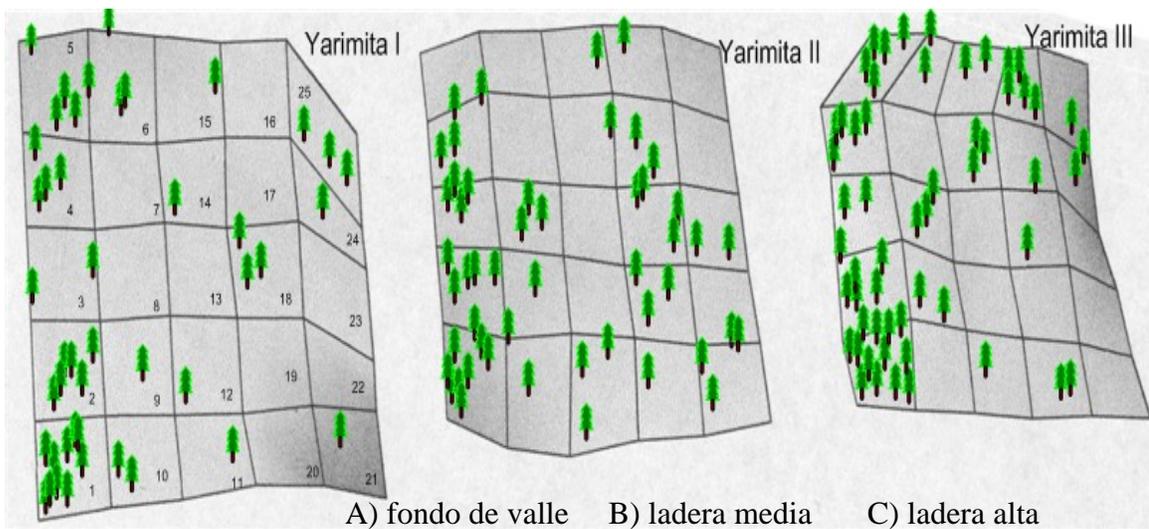


Figura 22. Distribución espacial de todos los especímenes colectados para identificación y topografía de las tres parcelas de una hectárea cada una, en base a datos obtenidos.

7.1.1. Área mínima

Para analizar si el inventario realizado en las tres parcelas puede ser considerado como representativo para el bosque del lugar, se elaboró para cada parcela una curva de especies por área donde se detalla el número de especies en función a la superficie muestreada, anotando para cada subparcela el aumento de nuevas especies (Ver Figura 22), también se realizó la distribución espacial de cada uno de los individuos colectados en cada parcela, para detallar el aumento de nuevas especies (Figura 23).

En las tres parcelas fondo de valle, ladera media y ladera alta se nota un incremento en el número de especies continuo conforme el área aumenta, aunque con ligeras estabilizaciones, pero no llegando a un punto de inflexión claro, lo que sugiere que el área de estudio presenta una mayor riqueza de especies a la que fue registrada.

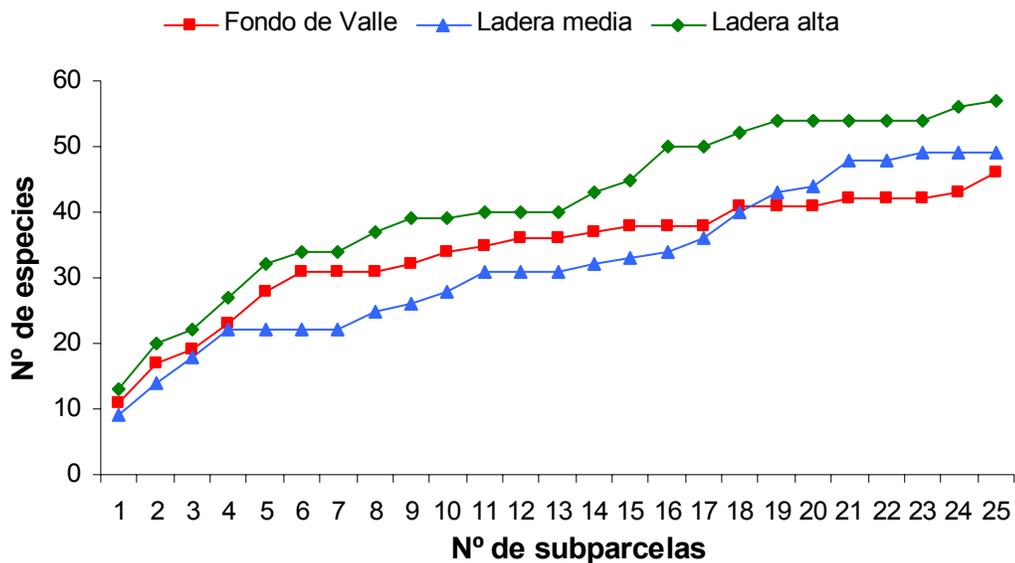


Figura 23. Curva de acumulación de especie—área que muestra la riqueza florística de un bosque seco subandino de Yarimita

7.1.2. Diversidad beta (Índice de Sørensen 1948) en un bosque seco subandino del sector de Yarimita

La máxima similitud de especies encontrada según el índice de Sørensen entre sitios de muestreo fue de 54.3% entre ladera media y ladera alta (Tabla 3) que se deben a sus 23 especies comunes, entre las que se pueden mencionar a *Achatocarpus praecox*, *Celtis loxensis*, *Coccoloba cordata*, *Machaerium scleroxylon*, *Neea spruceana*, entre otras especies (Ver Anexos 4, 5 y 6). La mínima similitud de especies fue de 39% entre fondo de valle y ladera alta (Tabla 3) con 18 especies afines (Ver Anexos 4, 5 y 6). La similitud que se observa según la fórmula de porcentaje de similitud (PS) fue de 65,7% para las tres parcelas (Tabla 3).

Catorce especies de árboles fueron comunes entre las tres parcelas, *Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Capparis coimbrana*, *Casearia gossypiosperma*, *Eugenia uniflora*, *Myroxylon balsamum*, *Opuntia brasiliensis*, *Oxandra espintana*, *Pseudobombax septenatum*, *Ferdinandusa chlorantha*, *Sweetia fruticosa*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia elegans* y *Urera baccifera*.

Tabla 3. Valores de Similitud de Sørensen (1948), riqueza y número de especies compartidas de tres sitios evaluados en un bosque seco subandino del sector de Yarimita

Altitud m	Sitios	Fondo de valle	Ladera media	Ladera alta
940	Fondo de valle	36	54.3%	39%
1.020	Ladera media	22	44	45.0%
1.170	Ladera alta	18	23	57
65,7%				

El número de especies de cada sitio, se muestra en negrillas en la celda común; el número de especies compartidas por los diferentes sitios se muestra en la parte inferior izquierda de la matriz y los coeficientes de similitud se muestran en itálicas en la parte superior derecha de la matriz. Finalmente la similitud entre parcelas se muestra en negrilla subrayada.

Exclusivas para cada parcela se registraron 48 especies (Anexos 7), 9 especies para fondo de valle, 13 especies en ladera media y 26 especies en ladera alta. Entre las especies raras o exclusivas en fondo de valle se encuentran *Acacia polyphylla*,

Bougainvillea modesta, *Cariniana ianeirensis*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Ficus* sp., *Hura crepitans*, *Lonchocarpus leucanthus*, *Luehea splendens* y *Omphalea diandra*. En ladera media se registraron a *Acacia tenuifolia*, *Allophylus edulis*, *Campomanesia lineatifolia*, *Capparis polyantha*, *Ceiba boliviana*, *Erythroxylum subrotundum*, *Eugenia ligustrina*, *Eugenia* sp., *Guettarda polaina*, *Pachystroma longifolium*, *Piptadenia gonoacantha*, *Pogonopus tubulosus* y *Ruprechtia apetala*. Finalmente en ladera alta *Alibertia edulis*, *Amburana cearensis*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Bauhinia* vel sp. nov., *Brosimum lactescens*, *Cariniana estrellensis*, *Forsteronia australis*, *Myrciaria floribunda*, *Pterygota amazonica*, las demás especies exclusivas según la formación boscosa de fondo de valle, ladera media y ladera alta se encuentran detalladas en los anexos 4, 5 y 6.

7.1.3 Cambios de la diversidad, composición y variables dasométricas en relación con el gradiente altitudinal y/o diversidad beta.

7.1.3.1. Relación de la diversidad y variables dasométricas con el gradiente altitudinal

La comparación de riqueza de familias, géneros y especies demostró un patrón ascendente correlacionado con el gradiente altitudinal empezando desde los 940 m (23 familias, 34 géneros y 36 especies), a los 1.020 m (22 familias, 38 géneros y 44 especies) y a los 1.170 m (26 familias, 53 géneros y 57 especies), así promediando por separado las familias, géneros y especies de cada subformación boscosa y tomando el gradiente altitudinal tendremos 24 familias, 42 géneros y 46 especies por área de estudio.

En lo que respecta al número de individuos registrados por gradiente altitudinal (430 a los 940 m, 614 a los 1.020 m y 604 a los 1.170 m) estos presentan relación con la riqueza de especies, familias y géneros (Figura 24, Ver Tabla 2).

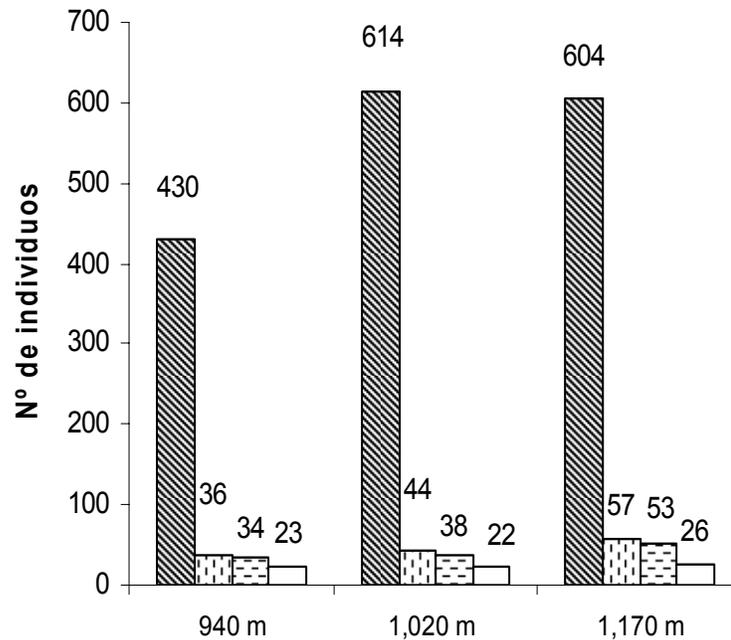
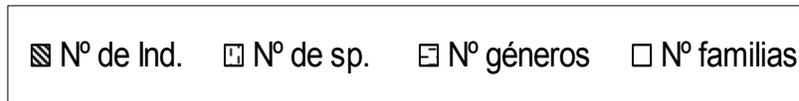


Figura 24. Diversidad en relación al gradiente altitudinal.

Esta cantidad de individuos censados se mantiene en un incremento moderado en los gradientes altitudinales, con excepción del límite altitudinal de 1.170 m en el que los individuos registrados tienden a disminuir, pero no dramáticamente con respecto a su anterior gradiente. El área basal registrada muestra una tendencia interesante a rebajar y luego a subir a medida que incrementa el gradiente de altura de 30.5 m²/ha a 940 m, 23.1 m²/ha a 1.020 m y 29.8 m²/ha a 1.170 m de altura y en comparación al número de individuos registrados, el área basal disminuye a medida que incrementan los individuos censados en el segundo gradiente de altura (1.020 m), pero luego aumenta hasta casi alcanzar el área basal del rodal del primer gradiente altitudinal (940 m) con un número mayor de árboles registrados para el primer gradiente y menor para el segundo (Figura 25, Ver Tabla 2).

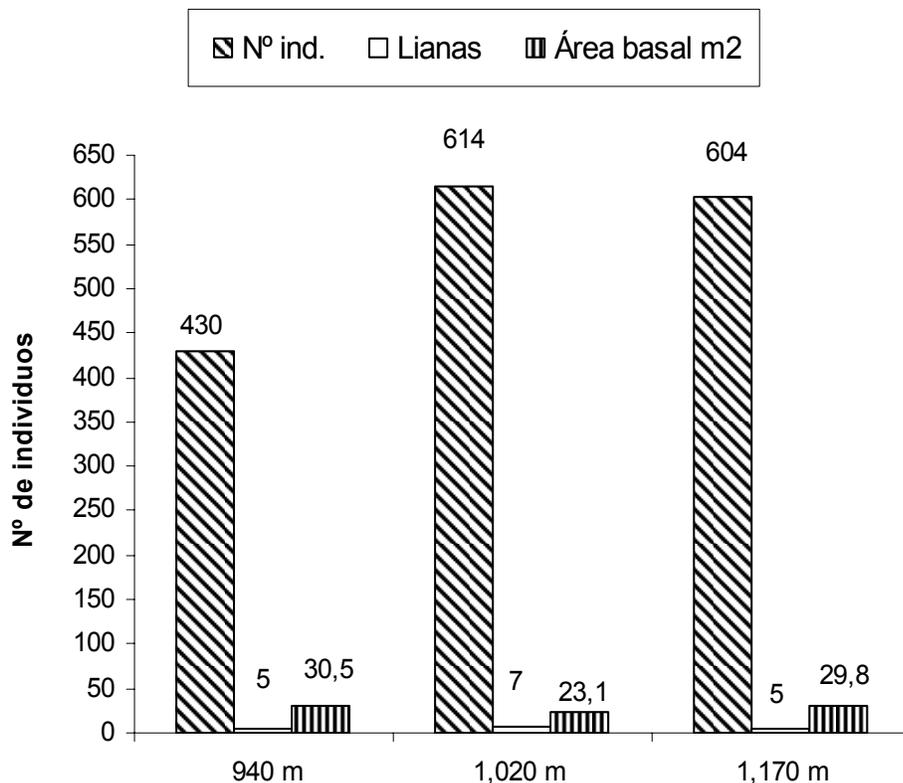


Figura 25. Variación de individuos, lianas y variables dasométrica en relación al gradiente altitudinal.

La abundancia de lianas registrado tiende a mantenerse en un incremento hacia altitudes mayores, con un ligero descenso en la última parcela, con 5 lianas a 940 m, 7 lianas a 1.020 m y a 3 lianas (2 hemiepífitos) a 1.170 m (Figura 25, Tabla 4). La familia Fabaceae es la más rica en especies de lianas con *Acacia tenuifolia* (7 individuos) y *Bauhinia* vel sp. nov. (1 individuo) a los 1.020 y 1.170 m respectivamente, esta última especie como nuevo registro para este tipo de formación. *Ficus subandina* (Moraceae) un hemiepífito con 2 individuos y *Ficus* sp. (Moraceae) con 1 individuo a los 940 y 1.170 m, *Forsteronia australis* (Apocynaceae) con 2 individuos a 1.170 m y *Omphalea diandra* (Euphorbiaceae) con 4 individuos a 940 m (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución de familias y especies de lianas según el gradiente altitudinal en un bosque seco subandino del sector de Yarimita

Familia	Nombre científico	Nº de individuos	Forma de vida	Altitud (m)
Apocynaceae	<i>Forsteronia australis</i> Muell. Arg.	2	Liana	1.170
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> vel sp. nov.	1	Liana	1.170
Moraceae	<i>Ficus subandina</i> Dugand	2	Hemiepífito	1.170
Fabaceae	<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	7	Liana	1.020
Euphorbiaceae	<i>Omphalea diandra</i> L.	4	Liana	940
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	1	Liana	940

7.1.3.2. Composición arbórea en relación con el gradiente altitudinal

Se realizó una distribución de acuerdo al número de especies registradas para las diez familias de árboles con mayor diversidad en relación al gradiente altitudinal de 940, 1.020 y 1.170 m, para lo cual se tomó la diversidad por cada formación boscosa, en relación al número de individuos. La Familia Fabaceae mostró la mayor diversidad de especies: 7 a los 940 m con 132 individuos, a los 1.020 m se registraron 10 especies con 149 individuos y a los 1.170 m con 13 especies y 138 individuos registrados (Figura 26 y 27, Anexos 4, 5 y 6), por lo que se observa una relación que muestra un aumento en el número de especies y número de individuos conforme incrementa la altitud de muestreo. Myrtaceae a los 940 m registra 1 especie y 2 individuos, a los 1.020 m 5 especies y 16 árboles y a los 1.170 m 5 especies y 74 individuos, mostrando un aumento de especies moderado en relación al gradiente de altitudinal; Rubiaceae muestra la misma tendencia a presentar mas especies a medida que se incrementa la altitud, aunque el número de individuos es irregular y muy moderado con su única especie a los 940 m con 25 árboles, a los 1.020 m 4 especies con 7 individuos y finalmente a los 1.170 m con 4 especies y 74 individuos; Apocynaceae con 1 especie a los 940 m con 1 individuo, a los 1.020 m con 2 especies y 28 individuos y a los 1.170 m con 4 especies y 55 individuos, mostrando igual tendencia a las anteriores familias a un incremento positivo y moderado (Figuras 26 y 27, Anexos 4, 5 y 6).

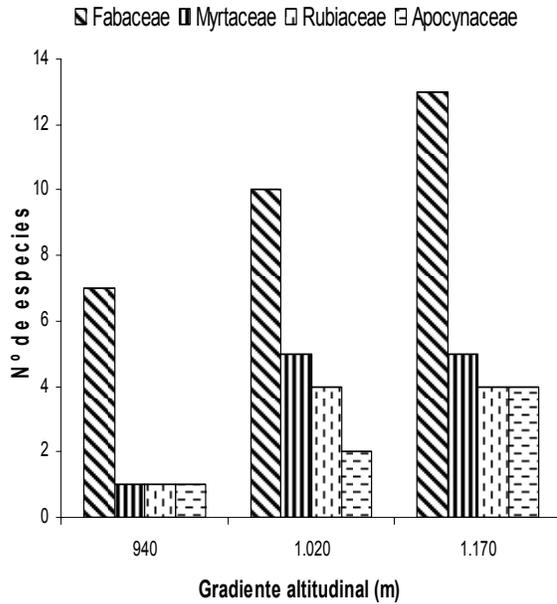


Figura 26. Número de especies de las familias Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae y Apocynaceae en relación al gradiente altitudinal.

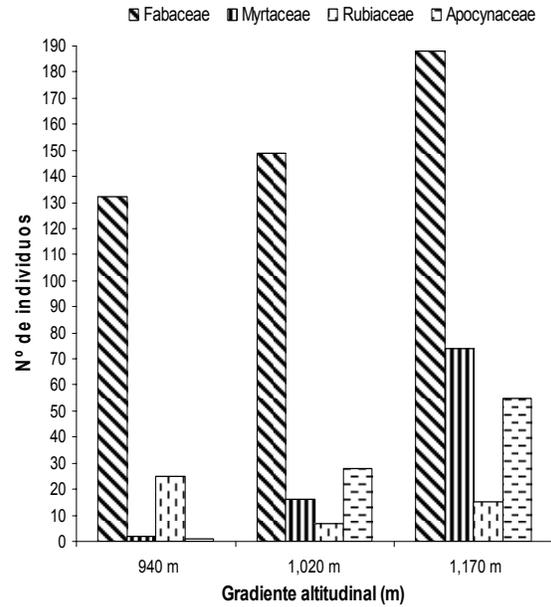


Figura 27. Número de individuos de las familias Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae y Apocynaceae en relación al gradiente altitudinal.

Meliaceae muestra una relación irregular de incremento de especies a medida que incrementa la altitud, como lo demuestra a los 940 m con 3 especies y 15 individuos, a los 1.020 m 2 especies con 29 individuos y a los 1.170 m con 4 especies y 29 árboles; Bombacaceae muestra 2 especies a los 940 m con 8 individuos, 2 especies a los 1.020 m y 20 individuos y 2 especies a los 1.170 m con 6 individuos, con una estacionalidad en el número de especies y una irregularidad en cuanto al número de individuos y el gradiente altitudinal; Polygonaceae no muestra ninguna correlación en cuanto al número de especies o individuos y el gradiente altitudinal, con 1 especie y 2 individuos a los 940 m, 2 especies y 24 individuos a los 1.020 m y 1 especie con 4 individuos a los 1.170 m (Figura 28 y 29, Anexos 4, 5 y 6).

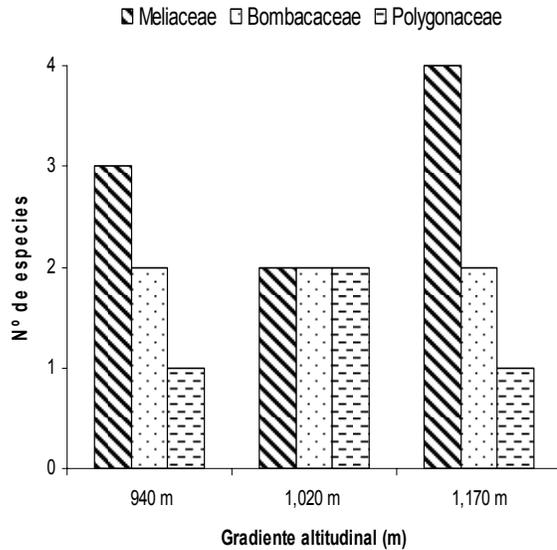


Figura 28. Número de especies de las familias Meliaceae, Bombacaceae y Polygonaceae en relación al gradiente altitudinal.

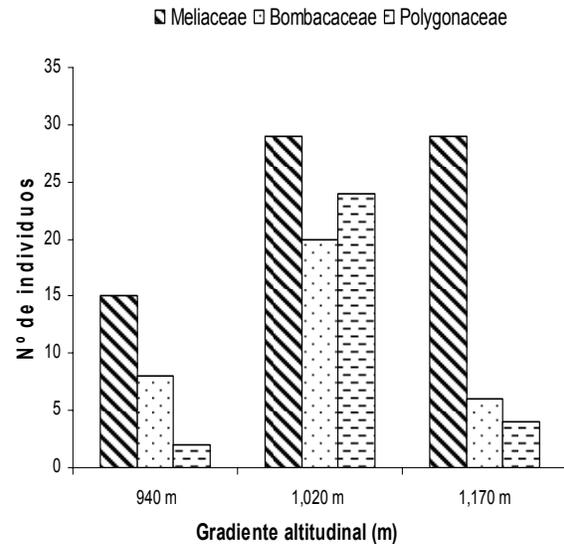


Figura 29. Número de individuos de las familias Meliaceae, Bombacaceae y Polygonaceae en relación al gradiente altitudinal.

Expresando igual número de especies en los gradientes altitudinales las familias Moraceae y Sapindaceae muestran a los 940 m 1 especie, a los 1.020 m 1 especie y a los 1.170 m 2 especies, aunque con relación a su número de individuos, estos varían la primera a los 940 m con 1 individuo, a los 1.020 m 1 individuo y a los 1.170 m 4 individuos, mientras que la segunda a los 940 m con 5 individuos, a los 1.020 m 3 individuos y a los 1.170 m 1 individuo. La correlación de estos valores muestra una constancia por una densidad marcada muy baja (Figura 30 y 31). La familia Ulmaceae es un caso concreto, porque tiene 3 especies distribuidas en 43 individuos a los 940 m, 2 especies con 8 individuos a los 1.020 m y 1 especie con 1 individuo a 1.170 m, mostrando rasgos inversamente proporcionales al gradiente altitudinal. Se tomó también en cuenta los datos de la familia Lauraceae por ser esta una familia indicadora de humedad en el ambiente (Gentry 1982) y una familia andina clásica (Fuentes *et al.* 2004), no mostrando ninguna especie a los 940 o 1.020 m y 1 especie repartida en 50 individuos a los 1.170 m, mostrando que los trazos en el bosque están divididos por un vacío que posteriormente se unen a una nueva aparición de especies en alturas mayores (Figuras 30 y 31).

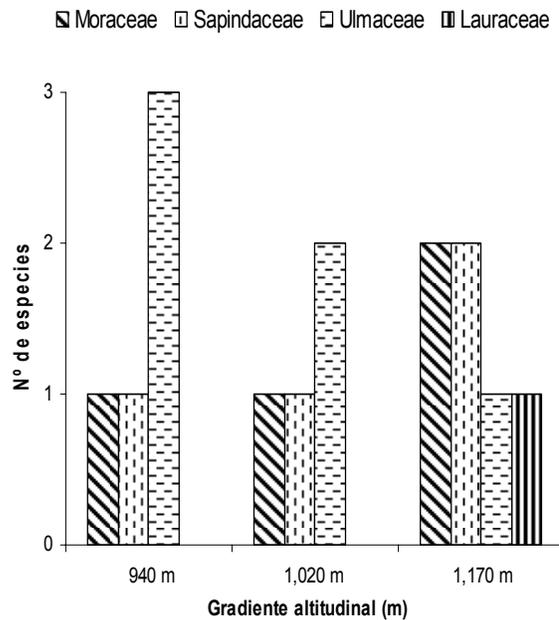


Figura 30. Número de especies de las familias Moraceae, Sapindaceae, Ulmaceae y Lauraceae, en relación al gradiente altitudinal.

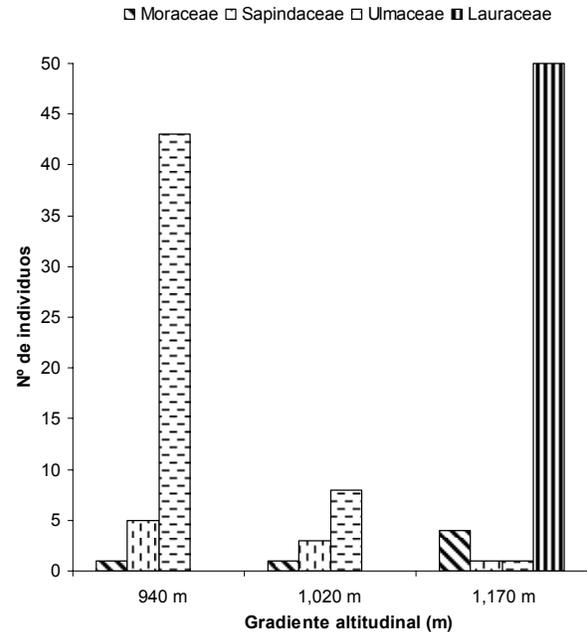


Figura 31. Número de individuos de las familias Moraceae, Sapindaceae, Ulmaceae y Lauraceae, en relación al gradiente altitudinal.

7.2. Composición arbórea

7.2.1. Composición florística y estructura en la parcela de fondo de valle.

Dentro de esta parcela las familias más abundantes fueron Fabaceae con 132 individuos (30,7%), Phytolaccaceae con 55 (12,8%), Ulmaceae con 43 (10%), Annonaceae con 40 (9,3%), Capparaceae con 29 (6,7%), Rubiaceae con 25 (5,8%), Urticaceae con 22 (5,1%), Meliaceae con 15 (3,5%), Nyctaginaceae con 10 (2,3%), Bombacaceae con 8 (1,9%), continuando luego otras 14 especies que corresponden a 13 familias restantes que sumaron un 11,9% del total (Tabla 5, Anexo 4).

La dominancia estuvo marcada por la familia Fabaceae con 17,4 m²/ha, un 56,9% de área basal, seguida por Phytolaccaceae con 4,6 m²/ha (15,1%) de área basal, Bombacaceae con 2,2 m²/ha (7,2%), Ulmaceae con 1,6 m²/ha (5,4%), Annonaceae con 0,8 m²/ha (2,5%)

y a continuación le siguen las otras 14 familias que en conjunto sumaron un 3.9 m²/ha (12,9%) de área basal (Tabla 5, Anexo 4).

A lo referente a la diversidad la familia más característica fue Fabaceae con 7 especies (19.4%), Ulmaceae y Meliceae con 3 especies cada una (8.3%) Bombacaceae y Nyctaginaceae con 2 especies cada una (5.6%), Phytolaccaceae, Annonaceae, Capparaceae, Rubiaceae y Urticaceae con 1 especie cada una (2.8%), continuando luego las otras 14 familias que en conjunto sumaron 38.9% del total con solo una especie cada una (Tabla 5).

Tabla 5. Importancia ecológica de familias (IVIF) y sus componentes en la parcela de ladera media (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual).

Familia	Nº de sp	Abundancia		Dominancia		Div %	IVIF%
		abs	%	Abs	%		
Fabaceae	7	132	30,7	17,4	56,9	19,4	35,7
Phytolaccaceae	1	55	12,8	4,6	15,1	2,8	10,2
Ulmaceae	3	43	10	1,6	5,4	8,3	7,9
Bombacaceae	2	8	1,9	2,2	7,2	5,6	4,9
Annonaceae	1	40	9,3	0,8	2,5	2,8	4,9
Meliaceae	3	15	3,5	0,2	0,6	8,3	4,1
Capparaceae	1	29	6,7	0,6	2,1	2,8	3,9
Rubiaceae	1	25	5,8	0,6	1,9	2,8	3,5
Nyctaginaceae	2	10	2,3	0,5	1,6	5,6	3,2
Urticaceae	1	22	5,1	0,3	1,1	2,8	3,0
Otras Familias	14	51	11,9	1,7	5,5	38,9	18,7
Total	36	430	100	30,5	100	100	100

En relación al índice de valor de importancia ecológica los valores anteriormente descritos otorgan el mayor peso ecológico a la familia Fabaceae con 35.7%, Phytolaccaceae (10.2%), Ulmaceae (7.9%), Bombacaceae y Annonaceae con (4.9%), Meliaceae (4.1%), Capparaceae (3.9%), Rubiaceae (3.5%) Nyctaginaceae (3.2%) y Urticaceae (3.0%), a continuación les siguen otras 14 otras familias que suman un (18.7%) del total (Tabla 5, Figura 32, Anexo 4). Exclusivas de esta parcela se encuentran las familias Tiliaceae y Sapotaceae con valores bajos de importancia ecológica (Anexo 4).

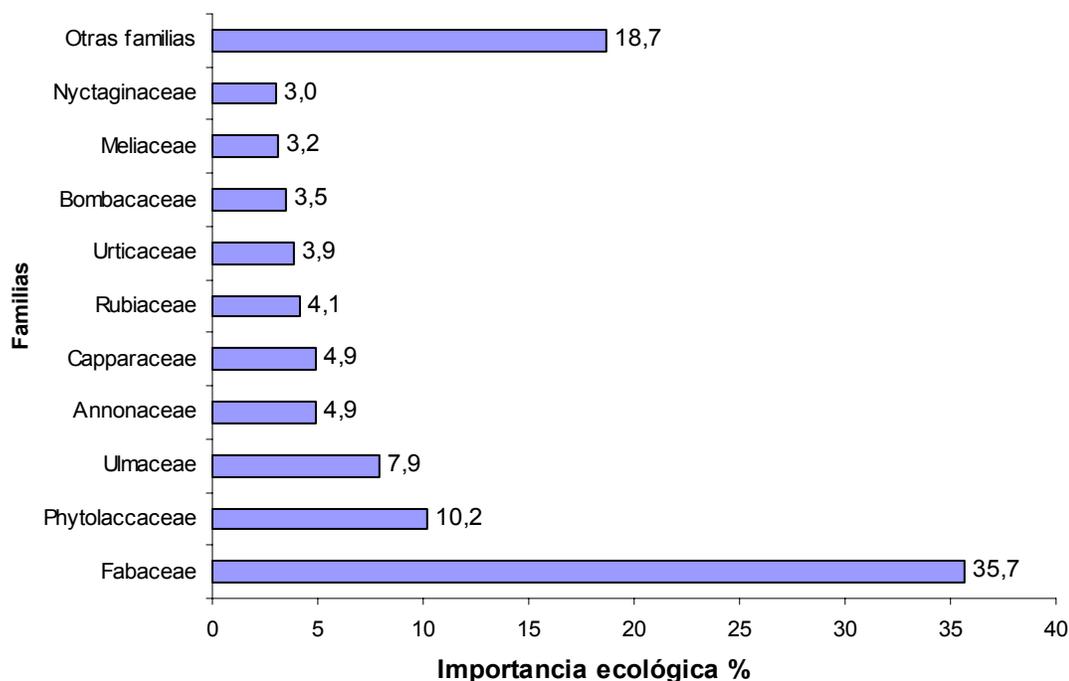


Figura 32. Representación porcentual del índice de importancia ecológica por familia (IVIF) en fondo de valle.

7.2.2. Importancia ecológica por especie en la parcela de fondo de valle.

El género de mayor riqueza de especies fue *Trichilia* con 3 especies, a continuación le siguen los demás 32 géneros con solo una especie cada uno (Anexo 4). Dentro de la composición de especies la mayor abundancia corresponde a *Gallesia integrifolia* con 55 individuos (12,8%), *Anadenanthera colubrina* con 52 (12,1%), *Oxandra espintana* con 40 (9,3%), *Acacia polyphylla* con 36 (8,4%), *Phyllostylon rhamnoides* con 33 (7,7%), *Capparis coimbrana* con 29 (6,5%), *Ferdinandusa chlorantha* con 25 (5,8%), *Urera baccifera* y *Myroxylon balsamum* con 22 (5.1%), *Ceiba speciosa* con 7 (1.6%). A continuación otros 109 individuos que corresponden a 26 especies que en conjunto representan un 25.3% de abundancia relativa (Tabla 6, Anexo 4).

Las especies mas frecuentes fueron *Anadenanthera colubrina* con una frecuencia de 23 subparcelas de 25 lo que representa el 9,3%, *Gallesia integrifolia* con 21/25 (8,5%), *Acacia polyphylla* con 20/25 (8,1%), *Oxandra espintana* y *Phyllostylon rhamnoides* con 17/25 (6,8%) cada uno, *Ferdinandusa chlorantha* con 15/25 (6,0%), *Myroxylon balsamum* y

Capparis coimbrana con 14/25 (5.6%) cada uno, *Urera baccifera* con 12/25 (4.8%) y *Ceiba speciosa* con 5/25 (2.0%). Las otras 26 especies que representan el 36.3% de la frecuencia relativa (Tabla 6, Anexo 4).

Tabla 6. Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en la parcela de fondo de valle (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual)

Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI %
	Abs	%	Abs m ² /ha	%	Abs	%	
<i>Anadenanthera colubrina</i>	52	12,1	14,7	48,3	23	9,3	23,2
<i>Gallesia integrifolia</i>	55	12,8	4,6	15,1	21	8,4	12,1
<i>Acacia polyphylla</i>	36	8,4	0,9	2,9	20	8,1	6,4
<i>Oxandra espintana</i>	40	9,3	0,8	2,5	17	6,8	6,2
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	33	7,6	0,8	2,7	17	6,8	5,7
<i>Myroxylon balsamum</i>	22	5,1	1,2	3,8	14	5,6	4,9
<i>Capparis coimbrana</i>	29	6,8	0,6	2,1	14	5,6	4,8
<i>Ferdinandusa chlorantha</i>	25	5,8	0,6	2,0	15	6,0	4,6
<i>Urera baccifera</i>	22	5,1	0,3	1,1	12	4,8	3,7
<i>Ceiba speciosa</i>	7	1,6	2,1	7,1	5	2,0	3,6
Otras especies	109	25,4	3,8	12,3	90	36,3	24,7
Total	430	100	30,54	100	248	100	100

La especie más dominante dentro de la parcela fue *Anadenanthera colubrina* con el 14.7 m²/ha (48,3%), le continúan *Gallesia integrifolia* con 4.6 m²/ha (15,1%), *Ceiba speciosa* con 2.2 m²/ha (7,1%), *Myroxylon balsamum* con 1.2 m²/ha un (3,8%), *Acacia polyphylla* 0.9 m²/ha (2,9%), *Phyllostylon rhamnoides* 0.8 m²/ha (2,7%), *Oxandra espintana* 0.8 m²/ha (2,5%), *Capparis coimbrana* 0.6 m²/ha (2.1%), *Ferdinandusa chlorantha* 0.6 m²/ha (2,0%) y *Urera baccifera* 0.3 m²/ha (1,1%). Las otras especies que suman en conjunto 3.8 m²/ha lo que representa el 12.3% de la dominancia relativa (Tabla 6, Anexo 4).

La parcela de fondo de valle se cataloga según Lamprecht (1990), como un bosque heterogéneo por contener la mayor congregación de especies 34 (94%) en la clase I y en la clase II 2 especies (5,5%) y ninguna en las demás clases III, IV y V (Tabla 6, Figura 33).

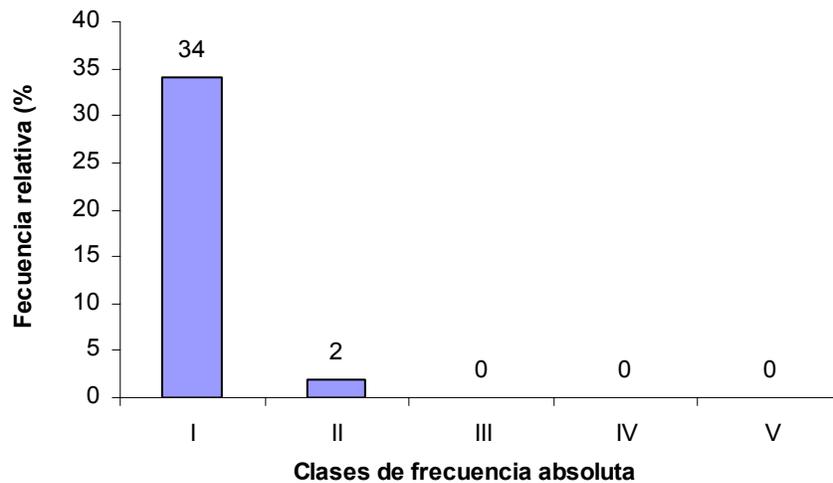


Figura 33. Diagrama de frecuencias absolutas de fondo de valle.

Los valores representados anteriormente conceden a *Anadenanthera colubrina* la mayor importancia ecológica con 23,2%, le siguen *Gallesia integrifolia* con 12,1%, *Acacia polyphylla* con 6,4%, *Oxandra espinosa* y 6,2%, *Phyllostylon rhamnoides* con 5,7%, *Myroxylon balsamum* 4,9%, *Capparis coimbrana* 4,8%, *Ferdinandusa chlorantha* 4,6%, *Urera baccifera* 3,7% y *Ceiba speciosa* 3.6%. Las especies restantes contienen el 24,7% del peso ecológico total (Figura 34, Anexo 4).

Las especies que están representadas con un solo individuo en la parcela se las considera como muy raras, de acuerdo al término utilizado por Hubbell & Foster (1986) y adecuado por Seidel (1995) en su estudio de estructura y composición donde define a “especie rara” a una que ocurre menos de una vez por hectárea, y como el presente estudio sigue el criterio utilizado por estos autores utilizaremos este término. Así en fondo de valle se presentan 9 especies raras con solo 1 individuo, entre las que podemos nombrar a *Ampelocera ruizii*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Ficus* sp., *Heisteria nitida*, *Hura crepitans*, *Lonchocarpus leucanthus*, *Platymiscium pubescens*, *Pseudobombax septenatum* (Anexo 2 y 4).

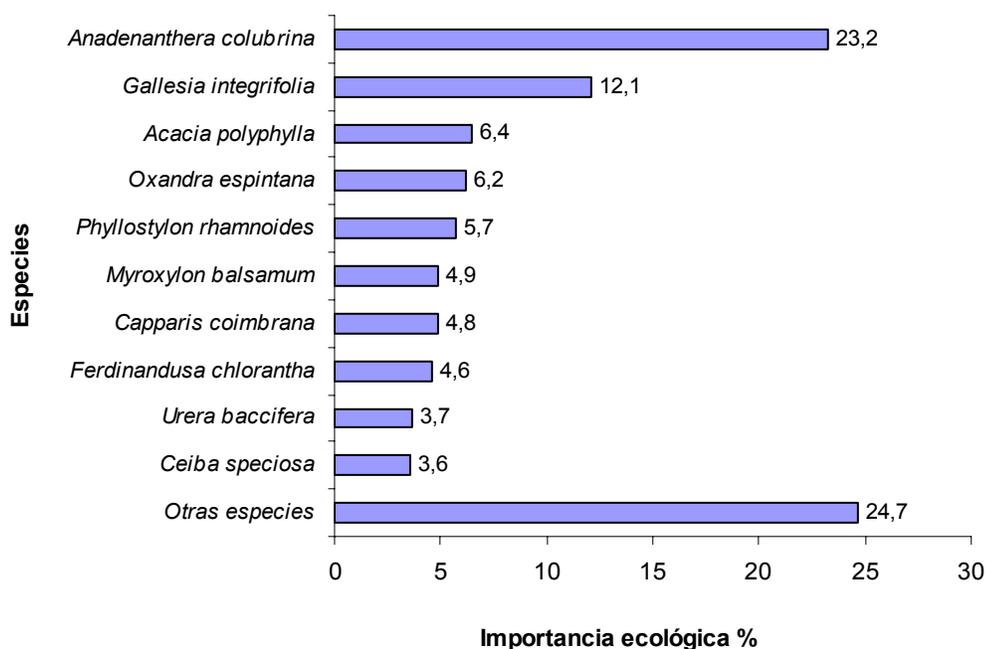


Figura 34. Representación porcentual del índice de importancia ecológica por especie (IVI), de las 10 especies más importantes presentes de fondo de valle.

7.2.3. Composición florística y estructura en la parcela de ladera media.

Annonaceae es la familia mas abundante en el muestreo para ladera media con 216 individuos el 35,2%, le siguen la familia Fabaceae con 149 (24,3%), Urticaceae con 44 (7,2%), Meliaceae con 29 (4,7%), Apocynaceae con 28 (4,6%), Polygonaceae con 24 (3,9%), Bombacaceae con 20 (3,3%), Myrtaceae con 16 (2,6%), Phytolaccaceae con 13 (2,1%) y Ulmaceae con 8 (1,3%). A continuación las otras 12 familias con 67 individuos (10,9%) que disminuyen en su abundancia paulatinamente (Tabla 7, Anexo 5).

El total de las subparcelas esta dominado por Fabaceae con 9.3 m²/ha de área basal (40,2%), Annonaceae con 3.4 m²/ha (14,8%), Apocynaceae con 2.5 m²/ha (10,9%), Phytolaccaceae con 1.9 m²/ha (8,4%), Bombacaceae con 1.3 m²/ha (5,7%), Ulmaceae con 0.9 m²/ha (3,9%), Myrtaceae con 0.4 m²/ha (1,8%), Meliaceae y Polygonaceae con 0.3 m²/ha cada uno (1,5%) respectivamente. Las otras 12 familias aportan con 8,3% de peso ecológico (Tabla 7, Anexo 5).

La mayor diversidad que representan las familias en esta muestra de bosque seco con respecto al número de especies es de Fabaceae con 10 especies (20%), le siguen Myrtaceae con 5 especies (10%), Apocynaceae, Bombacaceae, Meliaceae, Polygonaceae y Ulmaceae con 2 especies (4%) cada una, Urticaceae y Phytolaccaceae con 1 especie (2%) cada una. Las otras 12 familias que suman 16 especies (34%) completan la diversidad de la población para esta parcela (Tabla 7, Anexo 5).

Tabla 7. Importancia ecológica de familias (IVIF) y sus componentes en la parcela de ladera media (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual).

Familia	N° especies	Abundancia		Dominancia		DIV %	IVIF%
		Abs	%	Abs	%		
Fabaceae	10	149	24,3	9,3	40,2	20	28,1
Annonaceae	1	216	35,8	3,4	14,8	2	17,3
Apocynaceae	2	28	4,6	2,5	10,9	4	6,5
Myrtaceae	5	16	2,6	0,4	1,8	10	4,8
Bombacaceae	2	20	3,3	1,3	5,7	4	4,3
Phytolaccaceae	1	13	2,1	1,9	8,4	2	4,2
Urticaceae	1	44	7,2	0,7	2,9	2	4,0
Meliaceae	2	29	4,7	0,3	1,5	4	3,4
Polygonaceae	2	24	3,9	0,3	1,5	4	3,1
Ulmaceae	2	8	1,3	0,9	3,9	4	3,1
Otras familias	12	67	10,9	1,9	8,3	34	17,7
Total	50	614	100	23,1	100	100	100

Las familias dominantes y abundantes de acuerdo a la proporción de diversidad florística mediante el índice de valor de importancia por familia, dan a la familia Fabaceae con 28,1% como la familia mas importante, le siguen Annonaceae con 17,3%, Apocynaceae con 6,5%, Urticaceae con 4,8%, Bombacaceae con 4,3%, Phytolaccaceae con 4,2%, Meliaceae con 4,0%, Polygonaceae con 3,4%, Myrtaceae y Ulmaceae con 3,1% cada una, a continuación las otras 12 familias que representan el 17,7% del total (Tabla 7, Figura 35).

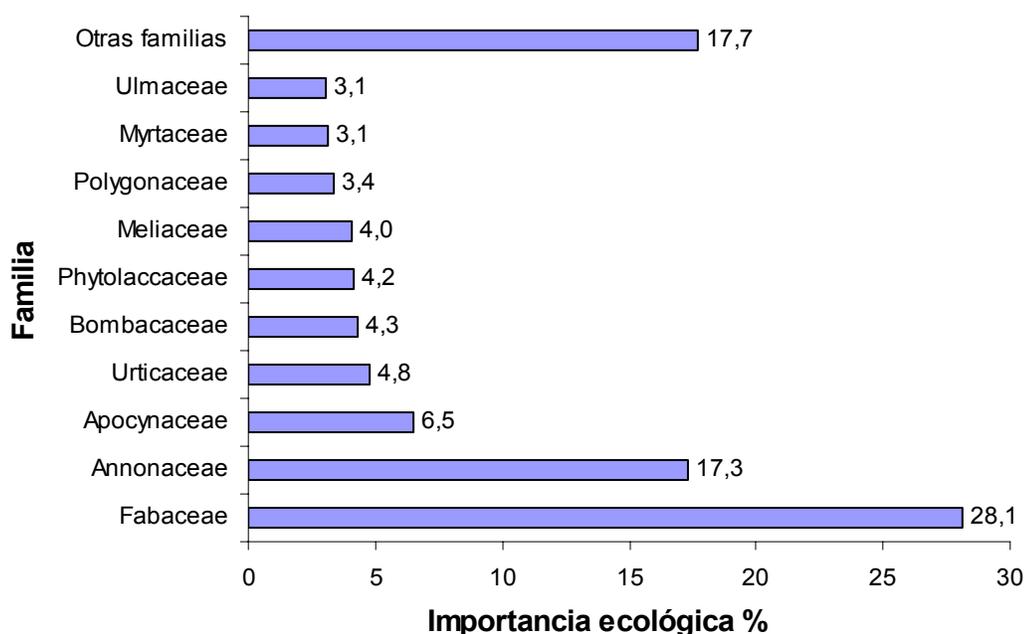


Figura 35. Representación porcentual del índice de importancia ecológica por familia (IVIF) de ladera media.

7.2.4. Importancia ecológica por especie en la parcela de ladera media.

Los géneros con mayor riqueza de especies para esta parcela son *Eugenia* con 3 especies, *Acacia*, *Capparis*, *Machaerium* y *Trichilia* con 2 especies, los demás 33 géneros con 1 especie (Anexo 5).

Dentro de la composición de especies la mayor abundancia para la parcela de ladera media le corresponde a *Oxandra espintana* con 216 individuos el 35,2%, *Urera baccifera* con 44 (7,2%), *Acacia lorentensis* con 42 (6,8%), *Machaerium scleroxylon* con 29 (4,7%), *Anadenanthera colubrina* con 28 (4,6%), *Trichilia elegans* con 28 (4,6%), *Aspidosperma cylindrocarpon* con 27 (4,4%), *Myroxylon balsamum* con 14 (2,3%), *Gallesia integrifolia* con 13 (2,1%), *Ceiba boliviana* con 12 (1,9%). Los otros 161 individuos que corresponden a 34 especies que suman en conjunto 26,2% de abundancia relativa (Tabla 8, Anexo 5).

Tabla 8. Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en la parcela de ladera media (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual).

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI%
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	
<i>Oxandra espintana</i>	216	35,2	3,4	14,8	21	8,8	19,6
<i>Anadenanthera colubrina</i>	28	4,6	5,3	22,9	14	5,9	11,1
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	27	4,4	2,5	10,9	14	5,9	7,1
<i>Acacia loretensis</i>	42	6,5	1,0	4,5	15	6,3	5,9
<i>Urera baccifera</i>	44	7,2	0,7	3,0	16	6,7	5,6
<i>Machaerium scleroxylon</i>	29	4,7	1,5	6,6	13	5,4	5,6
<i>Gallesia integrifolia</i>	13	2,1	1,9	8,4	9	3,8	4,8
<i>Trichilia elegans</i>	28	4,6	0,3	1,5	15	6,3	4,1
<i>Ceiba boliviana</i>	12	1,9	1,1	4,8	9	3,8	3,5
<i>Myroxylon balsamum</i>	14	2,3	0,5	2,3	11	4,6	3,1
Otras especies	161	26,2	4,7	20,2	102	42,7	29,7
Total	614	100	23,07	100	239	100	100

La mayor frecuencia 21 subparcelas de 25 (8.8%) fue registrada por *Oxandra espintana*, le siguen *Urera baccifera* con 16/25 (6.7%), *Acacia loretensis* y *Trichilia elegans* con 15/25 (6.3%) cada una, *Anadenanthera colubrina* y *Aspidosperma cylindrocarpon* con 14/25 (5.9%) cada uno, *Machaerium scleroxylon* con 13 (5.4%), *Myroxylon balsamum* con 11 (4.6%), *Ceiba boliviana* y *Gallesia integrifolia* con 9 (3.8%) cada uno. Las otras 34 especies representan el 42.7% de la frecuencia relativa (Tabla 8, Anexo 5).

Anadenanthera colubrina obtuvo la mayor dominancia para la parcela con 5.3 m²/ha (22,9%), le siguen *Oxandra espintana* con 3.4 m²/ha (14,8%), *Aspidosperma cylindrocarpon* con 2.5 m²/ha (10,9%), *Gallesia integrifolia* con 1.9 m²/ha (8,4%), *Machaerium scleroxylon* con 1.5 m²/ha (6,6%), *Ceiba boliviana* con 1.1 m²/ha (4,8%), *Acacia loretensis* con 1.0 m²/ha (4,5%), *Urera baccifera* 0.7 m²/ha (3,0%), *Myroxylon balsamum* 0.5 m²/ha (2,3%), *Trichilia elegans* 0.3 m²/ha (1,5%). Las otras especies que suman en conjunto 4.7 m²/ha lo que representa el 20.2% de la dominancia relativa (Tabla 8, Anexo 5).

De un total de 44 especies para la parcela de ladera media 43 especies (97.2%) se registraron para la clase I y solo una especie (2.3%) para la clase II, lo que representa según la clasificación de Lamprecht (1990) (Ver Tabla 1), que esta muestra de vegetación

pertenece a un bosque heterogéneo, por la mayor cantidad de especies que se registran en la clase I (Figura 36).

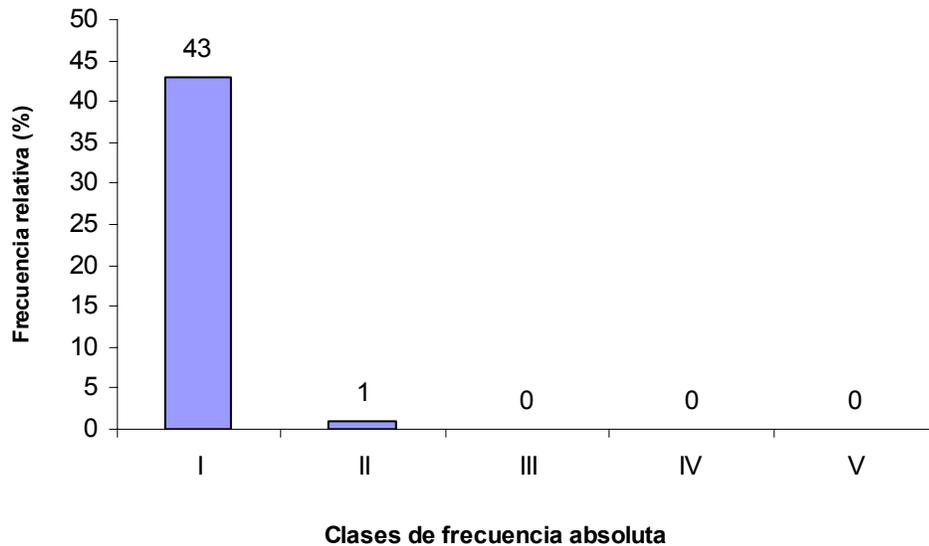


Figura 36. Diagrama de frecuencias absolutas de ladera media.

Las especies con mayor índice de importancia dentro de la parcela son *Oxandra espintana* con 19.6%, *Anadenanthera colubrina* con 11.1%, *Aspidosperma cylindrocarpon* con 7.1%, *Acacia lorentensis* con 5.9%, *Urera baccifera* con 5.6%, *Machaerium scleroxylon* con 5.6%, *Gallesia integrifolia* con 4.8%, *Trichilia elegans* con 4.1%, *Ceiba boliviana* con 3.5% y *Myroxylon balsamum* con 3.1%, a continuación otras 34 especies que en conjunto contienen el 29.7% del peso ecológico total (Ver Tabla 8, Figura 37).

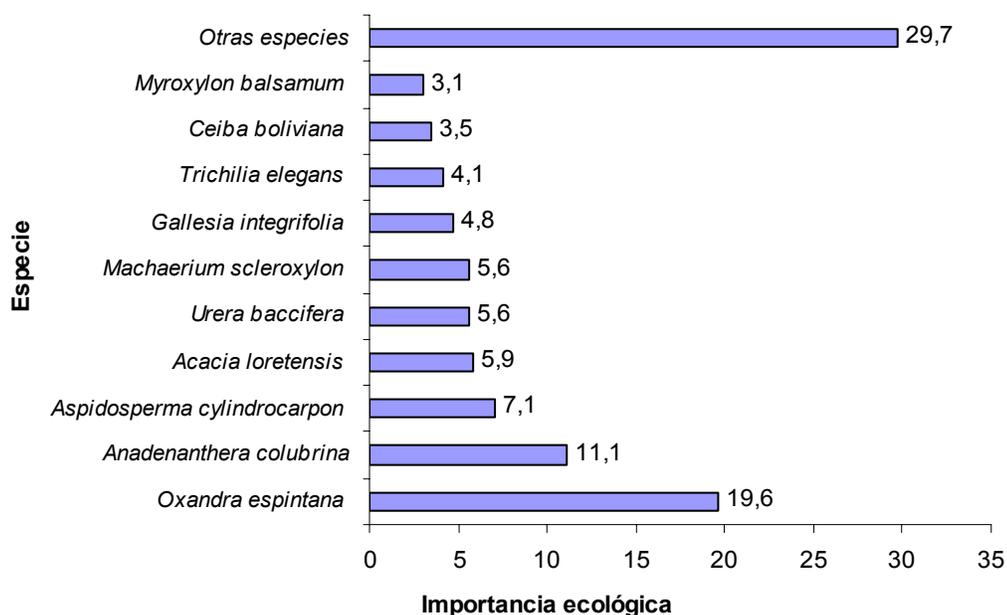


Figura 37. Representación porcentual del índice de importancia ecológica por especie (IVI), de las 10 especies más importantes presentes de ladera media.

7.2.5. Composición florística y estructura en la parcela de ladera alta.

Fabaceae es la familia que encabeza la abundancia para la parcela de ladera alta, con 188 individuos (31,1%), Myrtaceae con 74 (12,2%), Anacardiaceae con 70 (11,6%), Apocynaceae con 55 (9,1%), Lauraceae con 50 (8,3%), Meliaceae con 29 (4,8%), Lecythidaceae con 26 (4,3%), Flacourtiaceae con 25 (4,1%), Rubiaceae con 15 (2,5%) y Malpighiaceae con 11 (1,8%). Las otras 16 familias con 61 individuos que corresponden a 10,1% del total (Tabla 9, Anexo 6).

La dominancia de la parcela corresponde notoriamente a Fabaceae con 12.5 m²/ha de área basal equivalente a 42.1%, Anacardiaceae le sigue con 6.5 m²/ha (21.7%), Lecythidaceae con 2.6 m²/ha (8.6%), Apocynaceae con 2.0 m²/ha (6.9%), Myrtaceae con 1.1 m²/ha (3.5%), Lauraceae con 0.7 m²/ha (2,5%), Meliaceae con 0.7 m²/ha (2,4%), Flacourtiaceae con 0.5 m²/ha (1,7%), Rubiaceae con 0.5 m²/ha, Malpighiaceae con 0.31 m²/ha (1,0%). A continuación el restante 2.4 m²/ha (8,1%) que corresponden a las otras familias puntualizadas en la tabla 9 y el anexo 6.

Tabla 9. Importancia ecológica por familia (IVF) y sus componentes en la parcela de ladera alta (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual).

Familia	Nº de sp.	Abundancia		Dominancia		DIV	
		Abs	%	Abs	%	%	IVI%
Fabaceae	13	188	31,1	12,5	42,1	22,8	32
Anacardiaceae	2	70	11,6	6,5	21,7	3,5	12,3
Myrtaceae	5	74	12,2	1,1	3,5	8,8	8,2
Apocynaceae	4	55	9,1	2,0	6,9	7,0	7,7
Lecythidaceae	1	26	4,3	2,6	8,6	1,7	4,9
Meliaceae	4	29	4,8	0,7	2,4	7,0	4,7
Lauraceae	1	50	8,3	0,7	2,5	1,7	4,2
Rubiaceae	4	15	2,5	0,4	1,5	7,0	3,7
Flacourtiaceae	1	25	4,1	0,5	1,7	1,7	2,5
Malpighiaceae	2	11	1,8	0,3	1,0	3,5	2,1
Otras familias	20	61	10,1	2,4	8,1	35,1	17,8
Total	57	604	100	29,8	100	100	100

La mayor diversidad la ocupa la familia Fabaceae con sus 13 especies (22,8%), Myrtaceae con 5 especies (8,8%), Apocynaceae, Meliaceae y Rubiaceae con 4 especies cada una (7,0%), Anacardiaceae y Malpighiaceae con 2 especies cada una (3,5%), Lecythidaceae y Flacourtiaceae con 1 especie cada una (1,7%). A continuación las otras 16 familias que representan el 35,1% del total (Tabla 9, Anexo 6).

El valor de la importancia ecológica de las familias, muestra las familias dominantes, diversas y abundantes de esta parcela. Así la familia Fabaceae ocupa el primer lugar con 32,0%, le siguen Anacardiaceae con 12,3%, Myrtaceae con 8,2%, Apocynaceae con 7,7%, Lecythidaceae con 4,9%, Meliaceae con 4,7%, Lauraceae con 4,1%, Rubiaceae con 3,7%, Flacourtiaceae con 2,5%, y Malpighiaceae con 2,1%, completaron las otras 16 familias con el 17,8% del índice de importancia por familia (Tabla 9, Figura 38)

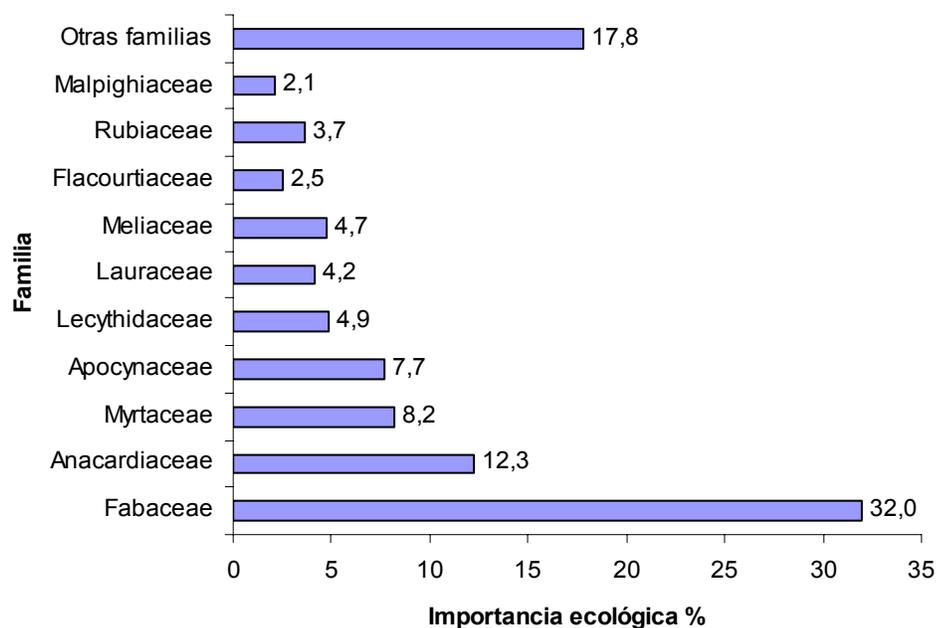


Figura 38. Representación porcentual del índice de importancia ecológica por familia (IVIF) de ladera alta.

7.2.6. Importancia ecológica por especie en la parcela de ladera alta.

En esta sub-formación boscosa, los géneros más representativos fueron *Trichilia* con 3 especies, *Machaerium* y *Aspidosperma* con 2 especies cada uno, el resto de los 50 géneros cuentan con una sola especie cada uno. La mayor abundancia para la parcela la tiene *Astronium urundeuva* con 64 individuos (10,6%), *Siphoneugenia occidentalis* le sigue con 56 (9,3%), *Ocotea bofo* con 50 (8,3%), *Anadenanthera colubrina* y *Copaifera reticulata* con 49 individuos cada uno (8,1%), *Aspidosperma macrocarpon* con 33 (5,5%), *Hymenaea courbaril* con 30 (4,9%), *Cariniana estrellensis* con 26 (4,3%), *Casearia gossypiosperma* y *Trichilia pleeana* con 25 individuos cada uno (4,1%). Los otros 197 individuos corresponden a 47 especies que en conjunto suman 32,6% de abundancia relativa (Tabla 10, Anexo 6).

La especie más frecuente para la parcela fue *Anadenanthera colubrina* con 21 individuos (6,6%), le continúan *Astronium urundeuva*, *Copaifera reticulata*, *Hymenaea courbaril* y *Ocotea bofo* con 18 (5,7%) individuos cada uno, *Siphoneugenia occidentalis* con 17 (5,4%), *Cariniana estrellensis* con 15 (4,7%), *Trichilia pleeana* con 13 (4,1%), *Casearia*

gossypiosperma con 11 (3,5%) y *Aspidosperma macrocarpon* con 10 (3,2%). Las otras 47 especies representaron el 49,7% de la frecuencia relativa (Tabla 10, Anexo 6).

Tabla 10. Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en la parcela de ladera alta (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual).

Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI %
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	
<i>Anadenanthera colubrina</i>	49	8,1	6,2	20,8	21	6,6	11,8
<i>Astronium urundeuva</i>	64	10,6	5,1	17,2	18	5,7	11,2
<i>Copaifera reticulata</i>	49	8,1	2,2	7,3	18	5,7	7,0
<i>Cariniana estrellensis</i>	26	4,3	2,6	8,7	15	4,7	5,9
<i>Siphoneugenia occidentalis</i>	56	9,3	0,8	2,9	17	5,4	5,8
<i>Hymenaea courbaril</i>	30	4,9	1,8	6,2	18	5,7	5,6
<i>Ocotea bofo</i>	50	8,3	0,7	2,5	18	5,7	5,5
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	33	5,5	1,6	5,4	10	3,2	4,7
<i>Trichilia pleeana</i>	25	4,1	0,6	2,1	13	4,1	3,4
<i>Casearia gossypiosperma</i>	25	4,1	0,5	1,7	11	3,5	3,1
Otras especies	197	32,6	7,6	25,4	157	49,7	35,9
Total	604	100	29,82	100	316	100	100

Las especies notoriamente dominantes en esta parcela son *Anadenanthera colubrina* con 6.2 m²/ha (20,8%), *Astronium urundeuva* con 5.1 m²/ha (17,2%), *Cariniana estrellensis* con 2.6 m²/ha (8,7%), *Copaifera reticulata* con 2.2 m²/ha (7,3%), *Hymenaea courbaril* con 1.8 m²/ha (6,2%), *Aspidosperma macrocarpon* con 1.6 m²/ha (5,4%), *Siphoneugenia occidentalis* con 0.8 m²/ha (2,9%), *Ocotea bofo* con 0.7 m²/ha (2,5%), *Trichilia pleeana* con 0.6 m²/ha (2,1%) y *Casearia gossypiosperma* con 0.5 m²/ha (1,7%). Las otras especies que suman en conjunto 7.6 m²/ha lo que representa el 25,4% de la dominancia relativa (Tabla 10, Anexo 6).

Los resultados obtenidos por medio de la clasificación de Lamprecht (1990) clasifican a esta parcela como una formación boscosa heterogénea, por la alta concentración de sus especies 46 (80.70%) en la clase I, 10 especies (17.54%) en la clase II y 1 especie (1.75%) en la clase III (Figura 39).

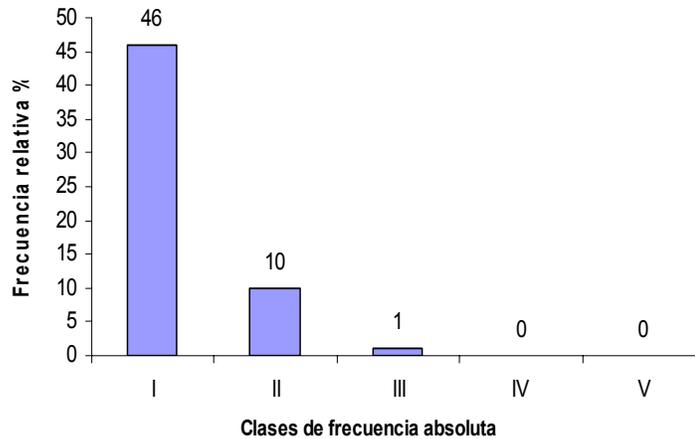


Figura 39. Diagrama de frecuencias absolutas de ladera alta.

El análisis de importancia ecológica revelo que *Anadenanthera colubrina* es la especie con mayor peso ecológico con 11,8%, seguida muy de cerca por *Astronium urundeuva* con el 11,1%, *Copaifera reticulata* con 7,0%, *Cariniana estrellensis* con 5,9%, *Siphoneugenia occidentales* con 5,8%, *Hymenaea courbaril* con 5,6%, *Ocotea bofo* con 5,5%, *Trichilia pleeana* con 3,4% y *Casearia gossypiosperma* con 3,1%. Las demás especies tienen en conjunto sumado un 35,9% del peso ecológico total (Ver Tabla 10, Figura 40).

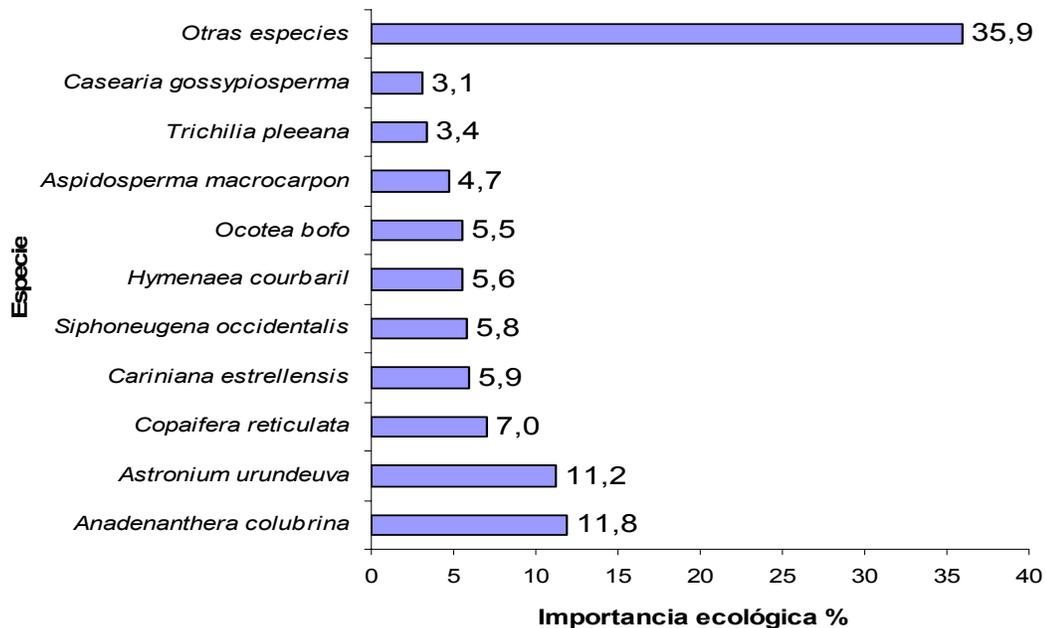


Figura 40. Representación porcentual del índice de importancia ecológica por especie (IVI), de las 10 especies más importantes presentes de ladera alta.

7.3. Estructura arbórea

7.3.1. Estructura horizontal en fondo de valle.

La distribución de los 430 individuos basada en las diferentes clases diamétricas sumaron 30.5 m²/ha de área basal (Ver Tabla 2 y 6), exponiendo la forma característica de J-invertida por un elevado número de individuos en las clases diamétricas menores (Figura 41).

La cercanía de valores entre la clase diamétrica inferior de 10 a 20 cm, entre las clases diamétricas medias de 50 a 60 cm y la clase diamétrica alta > 90 cm, muestran los siguientes valores de 4.1, 4.6 y 4.9 m²/ha individualmente, aunque estos valores difieren en el momento de ver la equidad de individuos a la clase que corresponden, 273 individuos para la clase de 10 a 20 cm, 20 individuos para la clase de 50 a 60 cm y solo 5 individuos para la clase > a 90 cm. Las demás clases diamétricas intermedias (bajas y altas) comprenden valores de área basal entre 2.2–3.9 m²/ha, con una excepción notable en la clase diamétrica de 70 a 80 cm que tiene un valor de área basal bajo 1.7 m²/ha y presenta el menor número de individuos igual a 4 (Figura 41).

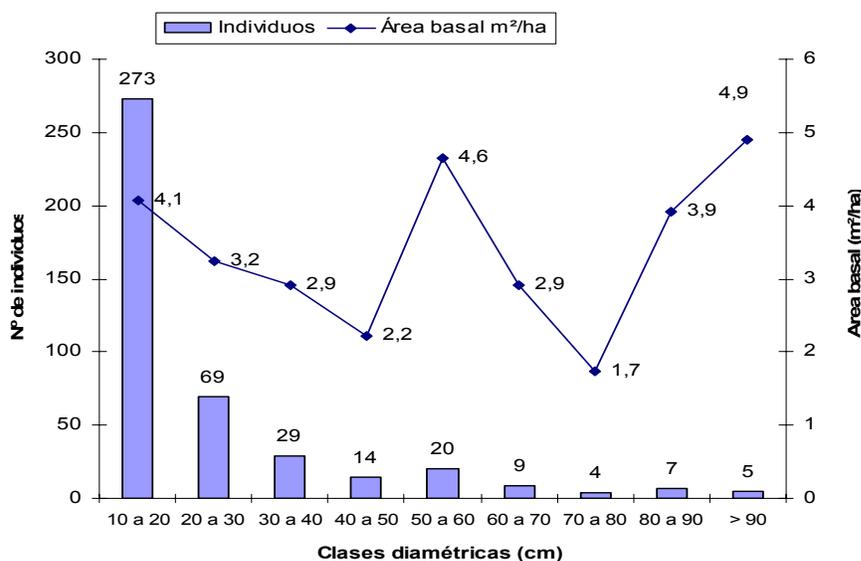


Figura 41. Distribución de clases diamétricas, número de individuos y área basal en fondo de valle.

El DAP máximo se encontró en dos individuos de *Anadenanthera colubrina* con 159.9 cm y 104.6 cm, luego le siguen *Gallesia integrifolia* con 94.6 cm, *Ceiba speciosa* con 92 cm (Anexo 4). El 63.5% de los individuos presentaron un DAP entre 10 a 20 cm, el restante 36.5% de los individuos se distribuyó en las demás clases diamétricas superiores; en promedio el rodal tiene un DAP de 23.5 cm (Ver Tabla 2).

En cuanto a la distribución de especies en las diferentes clases diamétricas en esta parcela de fondo de valle podemos nombrar a *Chrysophyllum gonocarpum*, *Myroxylon balsamum*, *Omphalea diandra*, *Ferdinandusa chlorantha* y *Sweetia fruticosa* en las clases de 10 a 20 cm, con 273 individuos. En la clase diamétrica de 20 a 30 cm encontramos 69 individuos entre las especies que se encuentran en esta clase tenemos a *Acacia polyphylla*, *Bougainvillea modesta*, *Capparis coimbrana*, *Celtis loxensis* y *Machaerium scleroxylon*. Con 29 individuos la clase diamétrica entre 30 a 40 cm tiene las siguientes especies importantes *Cariniana ianeirensis*, *Ceiba speciosa*, *Gallesia integrifolia* y *Myroxylon balsamum*. La clase diamétrica siguiente presenta a 14 individuos con especies como *Celtis loxensis*, *Bougainvillea modesta* y *Hura crepitans*. La clase diamétrica intermedia de 50 a 60 cm contiene pocos individuos pero ocupa el segundo lugar en cuanto a la acumulación de área basal con las siguientes especies *Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Cariniana ianeirensis*, *Ceiba speciosa*. Las demás clases diamétricas superiores sumaron 25 individuos entre los que se citan a *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba speciosa* y *Gallesia integrifolia*.

7.3.2. Estructura vertical en la parcela de fondo de valle.

La figura 42 representa la relación del diámetro a la altura del pecho y la altura de los árboles en términos de individuos. Los individuos delgados y comparativamente más altos son los que dominan la parcela. Se ve una mayor concentración de individuos (343) entre las clases menores a 20 m de altura con DAP en promedio de casi 21 cm. Con un menor número de individuos (66) con alturas entre 20 a 30 m, se tiene un grupo que suman un DAP promedio de 47.7 cm. Con muy pocos individuos (17) mayores a 30 m encontramos a individuos altos y gruesos, como *Anadenanthera colubrina* (Fabaceae) con 40 m de alto y un DAP de 85 cm, *Ceiba speciosa* (Bombacaceae) con 35 m de alto y un DAP 92 cm y *Gallesia integrifolia* (Phytolaccaceae) con una altura 31 m y un DAP de 65.6 cm (Figura 42).

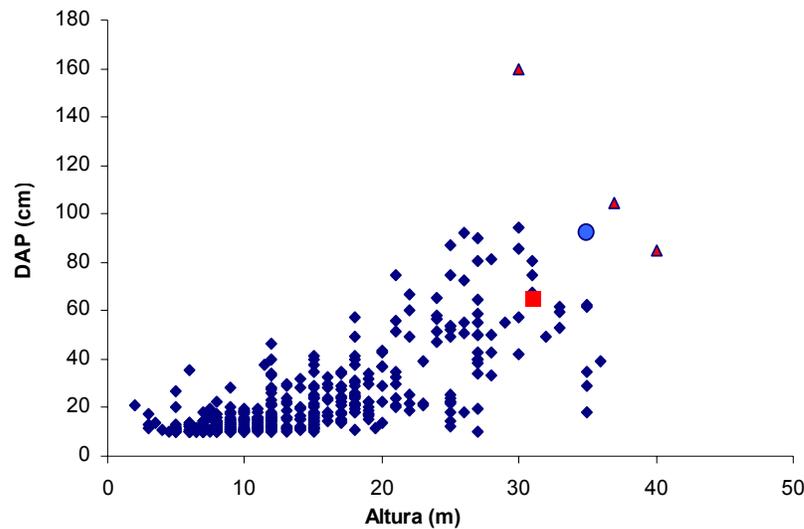


Figura 42. Relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los árboles, (▲ = *Anadenanthera colubrina*, ■ = *Galesia integrifolia*, ● = *Ceiba speciosa*) de fondo de valle.

Estructuralmente la muestra de fondo de valle son mesobosques a macrobosques altos con dosel denso y bastante homogéneo de unos 20 a 30 m de alto, emergentes dispersos, sotobosque ralo de arbolitos y arbustos, epífitas medianamente abundantes y lianas leñosas poco abundantes (Navarro 2002). La menor cantidad de individuos, el 4.2% (17) se encuentran en la zona de emergentes con alturas mayores a los 30 m llegando hasta los 40 m como el caso de *Anadenanthera colubrina*, en este estrato se puede diferenciar una zona de dosel superior con especies que se acercan a los 28 a 32 m el 15.3% de los individuos (66), como el caso de *Cariniana ianeirensis*, *Galesia integrifolia* y *Myroxylon balsamum*. El dosel inferior está dominado por especies que van de 10 a 20 m de altura, entre estos tenemos a *Acacia polyphylla*, *Bougainvillea modesta*, *Cariniana ianeirensis*, *Casearia gossypiosperma*, *Hura crepitans*, *Oxandra espintana*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Pseudobombax septenatum* y *Sapindus saponaria* que representan el 43.5% (187). El sotobosque con un 36.3% (156) está dominado por individuos con alturas por debajo de los 10 m, entre los que se encuentran *Achatocarpus praecox*, *Ampelocera ruizii*, *Capparis coimbrana*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Coccoloba cordata*, *Neea spruceana*, *Opuntia brasiliensis* (la única cactaceae arbórea registrada en la parcela), *Sapindus saponaria*, *Trichilia clausenii* y *Trichilia elegans* (Figura 43).

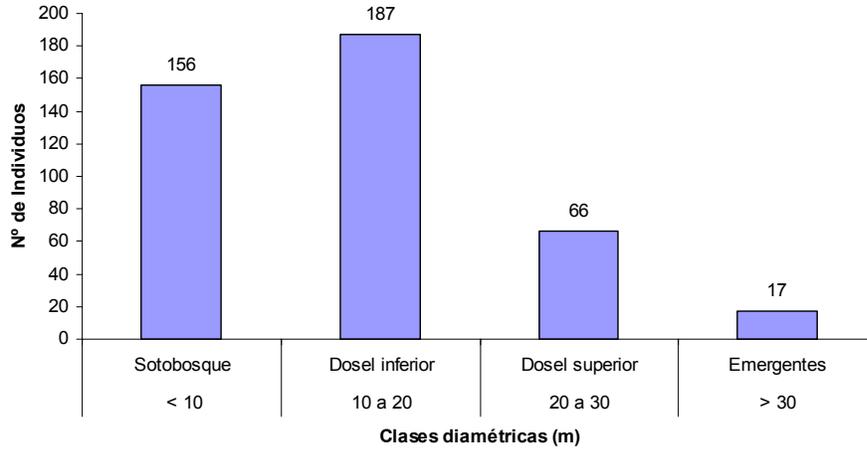


Figura 43. Distribución de clases altimétricas y número de individuos de fondo de valle.

7.3.3. Posición y forma de copa en la parcela de fondo de valle.

La parcela de fondo de valle muestra el 33.2% (143) de las copas en la categoría 5, entre las que tenemos a *Ferdinandusa chlorantha*, *Trichilia elegans* y *Urera baccifera*, seguidas por un 19.5% (84) y 18.6% (80) de sus individuos en las categorías 3 y 4 con especies como *Acacia polyphylla*, *Gallesia integrifolia*, *Myroxylon balsamum* y *Oxandra espintana*. Le siguen las categorías 1 y 2 con el 13.2% (57) y 14.2% (61) con individuos altos como *Anadenanthera colubrina*, *Cariniana ianeirensis*, *Ceiba speciosa*, *Gallesia integrifolia* y *Myroxylon balsamum* (Figura 44).

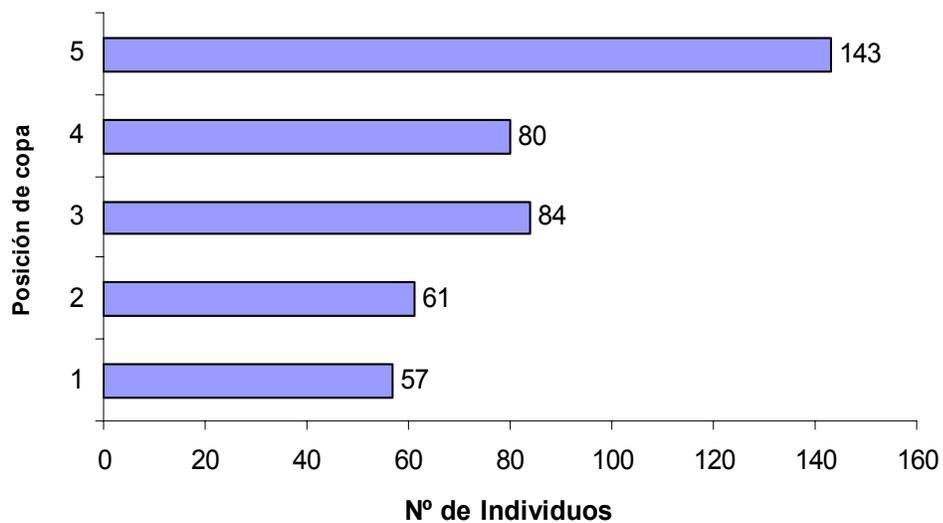


Figura 44. Número de árboles por categoría de posición de copa de fondo de valle.

Las categorías de forma de copa para la parcela de fondo de valle muestran que el 13.7% (59) presentan una copa perfecta (categoría 1) por lo general se representa por *Anadenanthera colubrina* y *Gallesia integrifolia*. El 45.1% (194) de los individuos presentan la forma de la copa buena (categoría 2) como *Gallesia integrifolia* y *Myroxylon balsamum*. El 28.6% (123) de los individuos presentan una copa tolerable (categoría 3) como *Trichilia elegans* y *Urera baccifera*. El 8.6% (37) de los individuos presentan una copa pobre (categoría 4) como *Ferdinandusa chlorantha* y solo el 2.8% (12) del resto de los individuos con una o pocas ramas (categoría 5) como *Acacia polyphylla* y *Oxandra espintana*. (Figura 45).

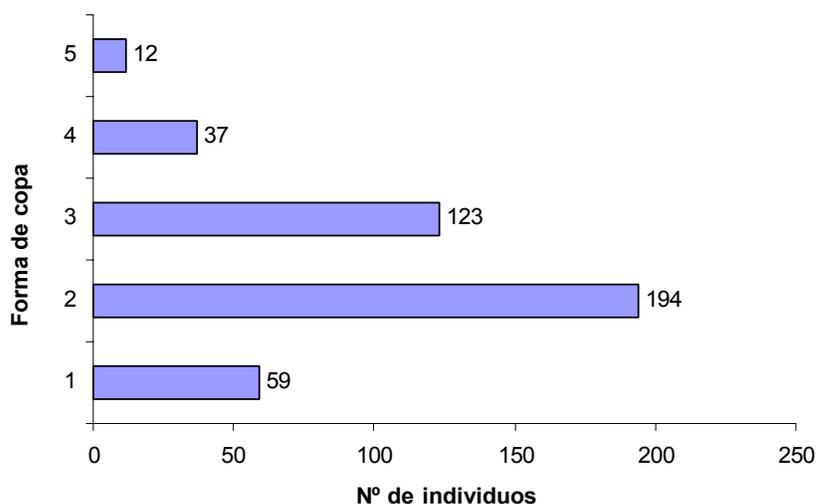


Figura 45. Número de árboles por categorías de forma de copa en fondo de valle.

7.3.4. Infestación por lianas en la parcela de fondo de valle.

La parcela de fondo de valle presenta un 55.6% (239) de sus individuos libres de infestación de lianas (categoría 1) entre las que tenemos a *Acacia polyphylla*, *Anadenanthera colubrina* y *Gallesia integrifolia* dominantes en el bosque. El 16.7% (72) de los individuos presentan solo infestación en el fuste (categoría 2), con la copa exenta. El 23.3% (100) de los individuos presentan alguna infestación de lianas en el fuste y copa

(categoría 3) como *Ferdinandusa chlorantha*, pero no afectan al crecimiento terminal y el 3.5% (14) restante tiene abundante infestación de lianas en el fuste y la copa, afectando de esta forma el crecimiento terminal (categoría 4) como *Gallesia integrifolia* y *Myroxylon balsamum* (Figura 46).

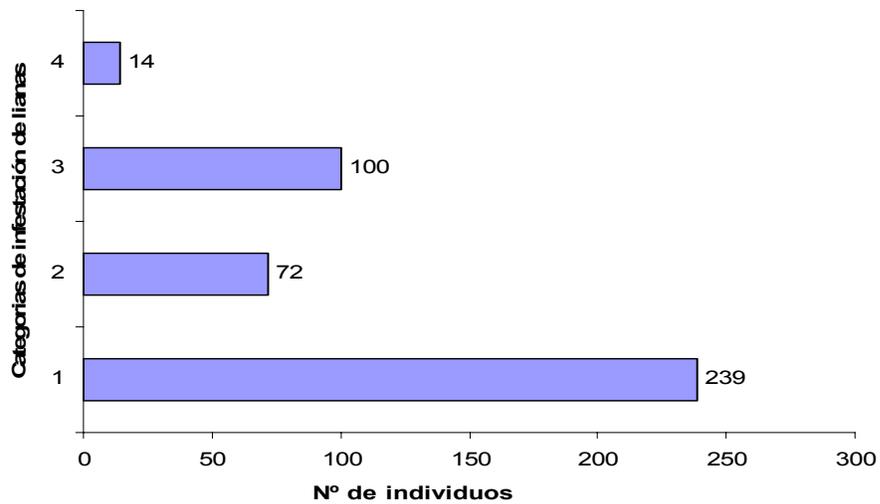


Figura 46. Infestación por lianas en individuos de fondo de valle.

7.3.5. Estructura horizontal en la parcela de ladera media.

Se registraron 614 individuos que conjuntamente suman 23.1 m²/ha de área basal (Ver Tabla 2). Las clases diamétricas se distribuyeron en un arreglo de “J” invertida, el valor máximo registrado de área basal entre las clases diamétricas estuvo entre las clases 10 a 20 cm con 7.3 m²/ha, mientras que en las otras clases superiores de 20 a 70 cm se mantiene una relativa constancia de 2.09 – 2.89 m²/ha, con un ligero descenso en las clases mayores a 70 cm en 1.71 y 1.07 m²/ha (Figura 47).

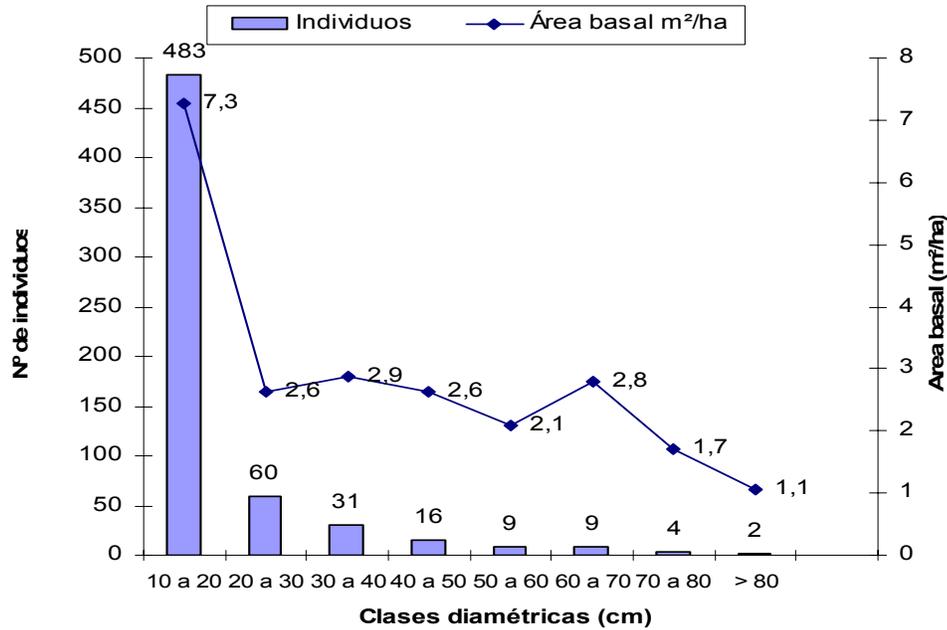


Figura 47. Distribución de clases diamétricas, número de individuos y área basal de ladera media.

El DAP máximo encontrado fue 84.6 cm perteneciente a un individuo de la especie *Ceiba boliviana*, luego con 80.2 cm se encuentra *Anadenanthera colubrina*, *Gallesia integrifolia* con 76 cm, *Schinopsis brasiliensis* 75.3 cm y *Aspidosperma cylindrocarpon* con 67 cm que son los individuos de mayor diámetro en la parcela (Anexo 5). El 78.7% de los individuos presentaron un DAP entre 10 a 20 cm, el 9.8% entre la clase 20 a 30 cm y el restante 11.56% de los individuos se distribuyeron en las demás clases diamétricas superiores, en promedio el bosque tiene un DAP de 18.4 cm (Ver Tabla 2).

Existen 483 individuos registrados entre la clase diamétrica 10 a 20 cm entre los que se pueden nombrar a *Acacia lorentensis*, *Acacia tenuifolia*, *Allophylus edulis*, *Erythroxylum subrotundum*, *Eugenia* sp., *Pachystroma longifolium* y *Urera baccifera*. Para la clase de 20 a 30 cm se incluyen 60 individuos entre los que tenemos a *Copaifera reticulata*, *Piptadenia gonoacantha*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Casearia gossypiosperma*, *Pseudobombax septenatum*. Le sigue la clase de 30 a 40 cm con 31 individuos entre los que tenemos a *Astronium urundeuva*, *Campomanesia lineatifolia*, *Celtis loxensis*. Entre las clases de 40 a 50 cm tenemos a 16 individuos como *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Gallesia integrifolia*, *Machaerium scleroxylon*. Las clases superiores entre 50 a 70 cm encontramos a 18

individuos entre los que tenemos a *Anadenanthera colubrina*, *Astronium urundeuva* y *Phyllostylon rhamnoides*. Las clases mayores de 70 cm con 6 individuos los más altos y gruesos como es el caso de *Anadenanthera colubrina* con 2 individuos, *Ceiba speciosa* con 2 individuos y *Gallesia integrifolia* con 2 individuos (Figura 48).

7.3.6. Estructura vertical en la parcela de ladera media.

La parcela de ladera media estructuralmente se diferencia un mesobosque a macrobosque denso (Navarro 2002) al igual que en fondo de valle. El 24.6% del total de los individuos se registraron en el sotobosque, es decir en categorías < a 10 m (con 10 a 30 cm de diámetro). El 61.4% de los individuos se encuentran en el dosel inferior en categorías de 10 a 20 m (10 a 50 cm de diámetro). El 12.9% de individuos se encuentran en el dosel superior en categorías de 20 a 30 m (12,4 y 84.6 cm de diámetro) y el 2.3% de individuos se registraron como emergentes con alturas mayores a 30 m (Figuras 48 y 49). La altura y DAP máximo registrados para la parcela fueron de *Ceiba boliviana* con 38 metros y 84.6 cm, en altura le siguen con 37 m cada una *Anadenanthera colubrina* y *Gallesia integrifolia*, la altura promedio del bosque fue de 14,52 m (Figura 48).

El sotobosque está representado por *Achatocarpus praecox*, *Capparis polyantha*, *Coccoloba cordata*, *Eugenia* sp., *Ixora brevifolia*, *Opuntia brasiliensis*, *Oxandra espintana*, *Trichilia elegans* y *Urera baccifera*. El dosel inferior representado por *Acacia lorentensis*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Campomanesia lineatifolia*, *Casearia gossypiosperma*, *Copaifera reticulata*, *Opuntia brasiliensis*, *Oxandra espintana*, *Piptadenia gonoacantha* y *Pseudobombax septenatum*. Un estrato intermedio o dosel superior con representantes como *Myroxylon balsamum*, *Schinopsis brasiliensis*, *Ficus subandina* y *Pseudobombax septenatum*. Una zona de emergentes donde se observan a *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba boliviana*, *Machaerium scleroxylon* como representantes (Anexo 5).

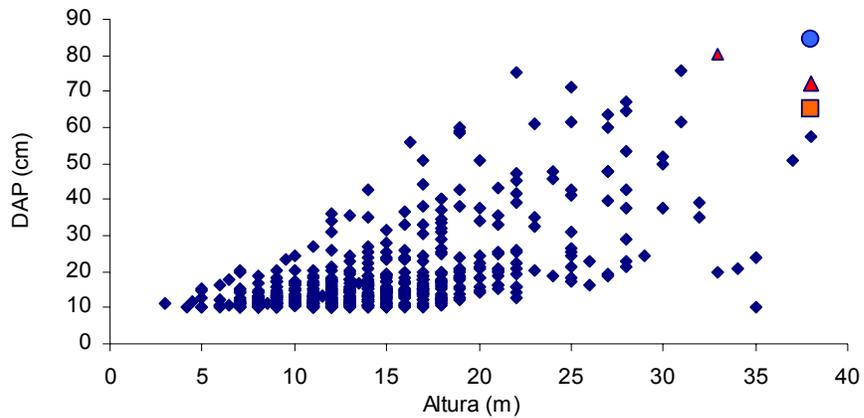


Figura 48. Relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los árboles de ladera media (▲ = *Anadenanthera colubrina*, ■ = *Galesia integrifolia*, ● = *Ceiba speciosa*).

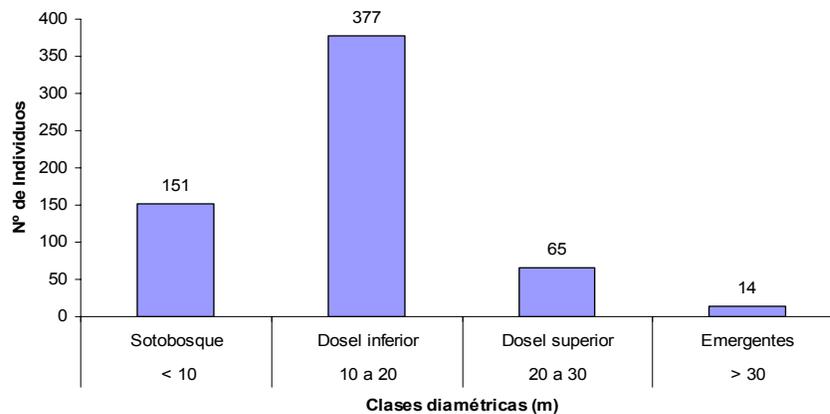


Figura 49. Distribución de clases altimétricas y número de individuos de ladera media

7.3.7. Posición y forma de copa en la parcela de ladera media.

La parcela de ladera media registra el 37.9% de sus individuos con una posición de copa en la categoría 3 como el caso de *Acacia tenuifolia*, *Coccoloba cordata*, *Oxandra espiantana* y *Urera baccifera*; le siguen la categoría 2 con el 24.7% de los individuos como son *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Casearia gossypiosperma* y *Pseudobombax septenatum*; el 18.1% de los individuos se encuentran en la categoría 1 como son las especies *Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Ceiba boliviana* y *Copaifera reticulata*; el 16.4% de los individuos están en la categoría 4 con es el caso de

Guettarda pohliana, *Maytenus cardenasii* y *Tabernaemontana cymosa*; y solo con el 0.3% de individuos la categoría 5 como el caso de *Coccoloba cordata* y *Trichilia elegans* (Figura 50).

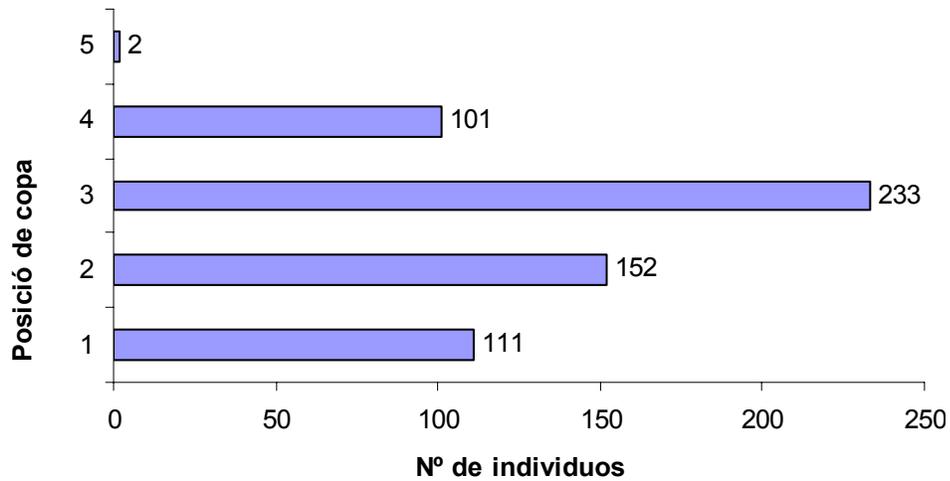


Figura 50. Número de árboles por categoría de posición de copa de ladera media.

Las categorías de forma de copa para esta parcela registran que el 47% de los individuos tienen la forma de la copa buena (categoría 2). El 24.1% de los individuos con una forma de copa perfecta (categoría 1), el 23.8% con solo la mitad de la copa (categoría 3), el 1.9% de los individuos con copas con menos de la mitad de copa (categoría 4) y 1.1% de los individuos con alguna rama (categoría 5) (Figura 51).

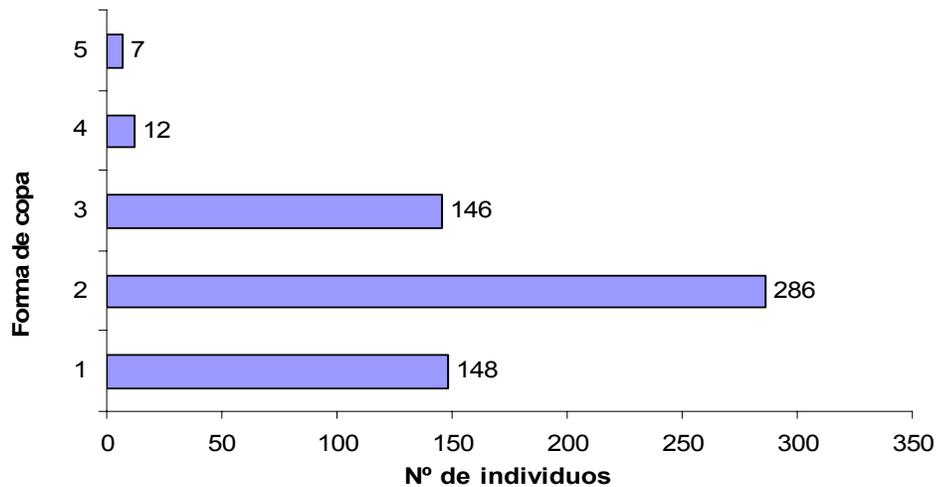


Figura 51. Número de árboles por categoría forma de copa de ladera media

7.3.8. Infestación por lianas de ladera media.

De los 614 individuos registrados en la parcela de ladera media 607 son árboles, los restantes 7 individuos son lianas, todas estas de la especie *Acacia tenuifolia* (Fabaceae) (Tabla 4). La muestra de ladera media tiene un 64.3% de sus individuos sin infestación de lianas (categoría 1). El 23.4% de los individuos con solo infestación en el fuste (categoría 2). El restante del total el 9.4% y 0.32% corresponden a las (categoría 3 y 4) con alguna presencia y abundante presencia de lianas en el fuste y copa (Figura 52).

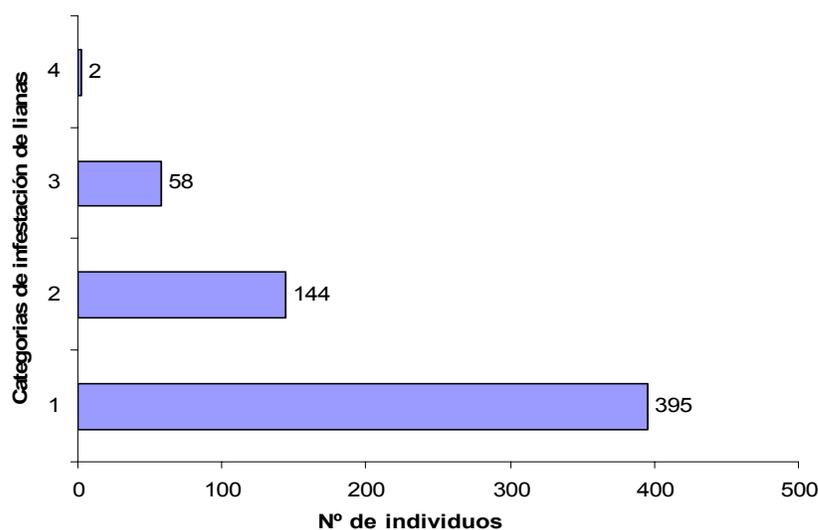


Figura 52. Infestación por lianas en los individuos de ladera media

7.3.9. Estructura horizontal de ladera alta.

Se registraron 604 individuos con 29.8 m²/ha de área basal (Ver Tabla 2). Esta subformación boscosa repite la característica de las anteriores parcelas con un patrón de “J” invertida en su distribución diamétrica. El DAP máximo fue para *Ceiba speciosa* con 104.3 cm, le siguen *Anadenanthera colubrina* con 83.1 cm, *Schinopsis brasiliensis* con 72 cm (Anexo 6). El 55.3% de los individuos están incluidos en la clase inferior diamétrica 10 a 10 cm, el 24% de los individuos a la clase inmediata superior de 20 a 30 cm, continuando luego en un descenso paulatino en la distribución de los individuos en las clases diamétricas superiores (Figura 53). El DAP promedio del rodal fue de 21.9 cm (Ver Tabla 2). La mayor parte del área basal acoge a las clases diamétricas inferiores entre 10

a 50 cm que suman 21.8 m²/ha y los restantes 8.0 m²/ha se distribuyen en las clases diamétricas superiores entre 50 a > 90 cm (Figura 53).

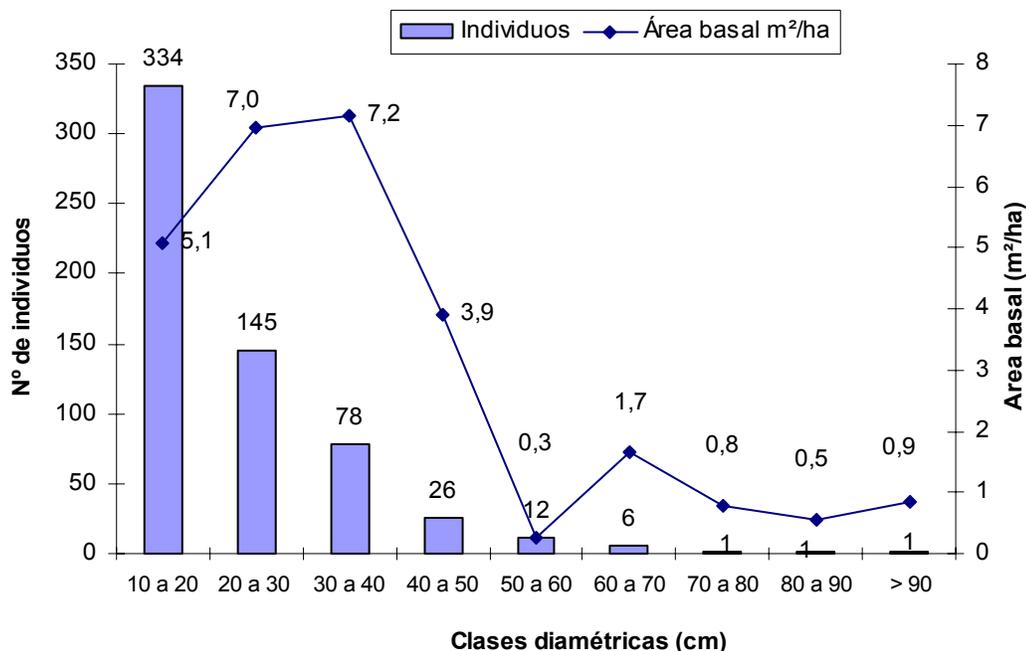


Figura 53. Distribución de clases diamétricas, número de individuos y área basal de ladera alta.

Las especies dominantes para la clase inferior de 10 a 20 cm con 334 individuos son *Bauhinia* vel sp. nov, *Casearia gossypiosperma*, *Copaifera reticulata*, *Hymenaea courbaril*, *Myrciaria floribunda*, *Ocotea bofo*, *Opuntia brasiliensis*, *Siphoneugenia occidentales* y *Trichilia pleeana* entre otras. En la clase de 20 a 30 cm se registraron 145 individuos con especies como *Aspidosperma macrocarpon*, *Astronium urundeuva*, *Byrsonima crassifolia*, *Pterocarpus* sp. La clase inmediata de 30 a 40 cm registra a 78 individuos entre los que tenemos a *Alibertia edulis*, *Astronium urundeuva*, *Cariniana estrellensis*. En la clase de 40 a 50 cm se encuentra 26 individuos como *Ampelocera ruizii*, *Lonchocarpus* sp., *Sweetia fruticosa*. La clase de 50 a 60 cm con 12 individuos como *Anadenanthera colubrina*, *Cariniana estrellensis*, *Opuntia brasiliensis*. Las clases superiores entre 60 a >90 están representados por *Schinopsis brasiliensis*, *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba speciosa* siendo estas las de mayor DAP en la parcela (Figura 54, Anexo 6).

7.3.10. Estructura vertical de ladera alta.

La estratificación que se observa para los 604 individuos de la parcela de ladera alta contempla cuatro estratos; desde el superior tenemos la zona de emergentes, una zona de dosel superior, una zona de dosel inferior y una zona de sotobosque. En el sotobosque se encuentra el 9.9% del total de los individuos con alturas menores a 10 m, diámetros entre 10 a 23 cm, el dosel inferior denso registra el 53.8% de individuos con alturas entre 10 a 20 m (10 a 58 cm de diámetro), el dosel superior registra el 30.5% con alturas entre 20 a 30 m y diámetros entre 11 a 72 cm y por último la zona de emergentes con 5% con alturas que sobrepasan los 30 m y un diámetro entre 18 a 104 cm (Figura 54).

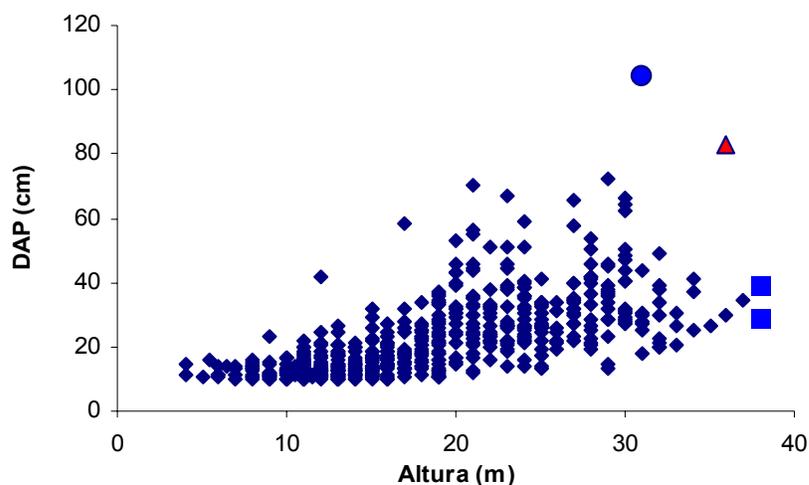


Figura 54. Relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura de los árboles de ladera alta. ▲= *Anadenanthera colubrina*, ●= *Ceiba speciosa* (especies con mayor DAP) ■= *Astronium urundeuva*, *Cariniana estrellensis*, *Hymenaea courbaril*

Las especies representativas de la zona de emergentes son *Anadenanthera colubrina*, *Lonchocarpus* sp., *Astronium urundeuva*, *Cariniana estrellensis*, *Hymenaea courbaril* siendo estas tres últimas especies las que mayor altura registraron con 38 m cada una pero con DAP bajos, la zona del dosel superior con especies como *Acacia lorentensis*, *Casearia gossypiosperma*, *Gallesia integrifolia*, *Oxandra espintana*, entre otras. El dosel inferior con *Platymiscium pinnatum*, *Pterygota amazonica*, *Sweetia fruticosa*. El sotobosque dominado por *Opuntia brasiliensis*, *Myrcianthes pseudomato*, *Ocotea bofo*, *Siphoneugenia occidentalis*, *Urera baccifera*, *Myrciaria floribunda* (Figura 54 y 55).

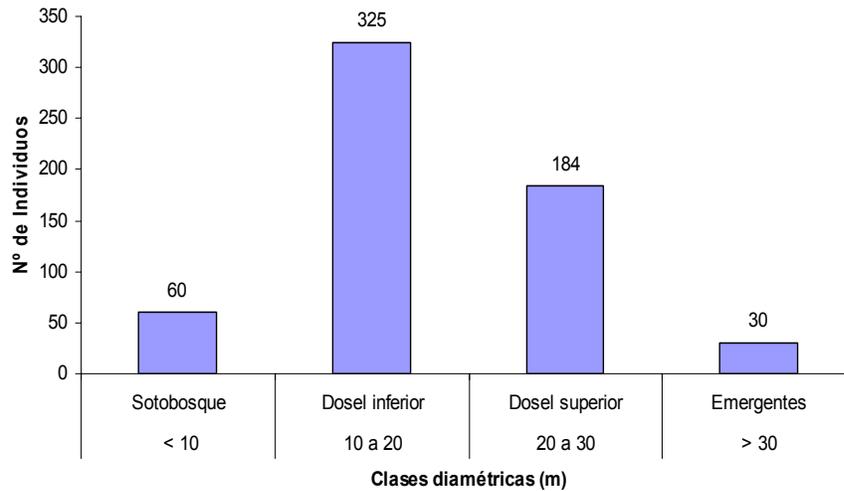


Figura 55. Distribución de clases altimétricas y número de individuos de ladera alta.

7.3.11. Posición y forma de copa de ladera alta.

Según la posición de copa 225 individuos (38.3%) se registran como emergentes (categoría 1), 169 individuos (28.7%) como copa plena de iluminación (categoría 2), 170 individuos (28.9%) en la categoría 3 (alguna iluminación superior), 24 individuos (4.1%) con alguna luz lateral (categoría 4) y ningún individuo en la categoría 5 (Figura 56).

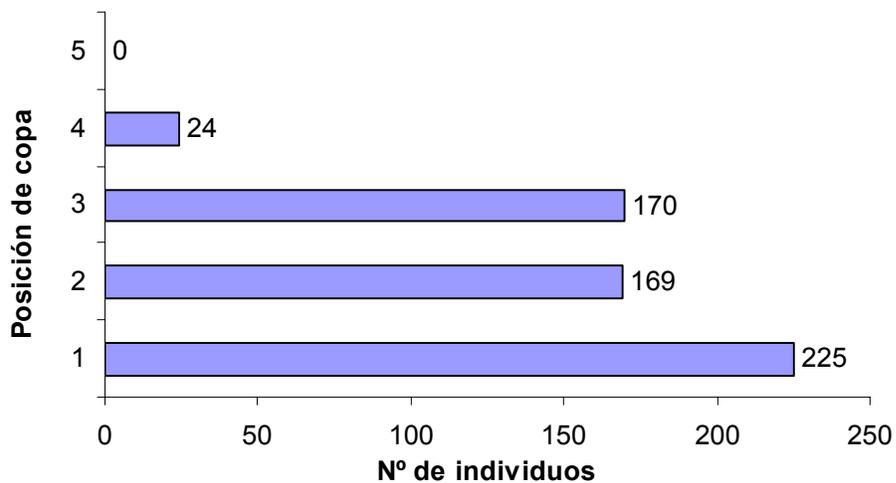


Figura 56. Número de árboles por categoría de posición de copa de ladera alta.

En cuanto a la forma de copa tenemos que 444 individuos (75.5%) se registran en la categoría 1 (con una copa perfecta), 125 individuos (21.2%) tienen una copa buena con alguna simetría (categoría 2), 19 individuos con una copa tolerable asimétrica (categoría 3). No se registraron individuos en las categorías 4 y 5 (Figura 57).

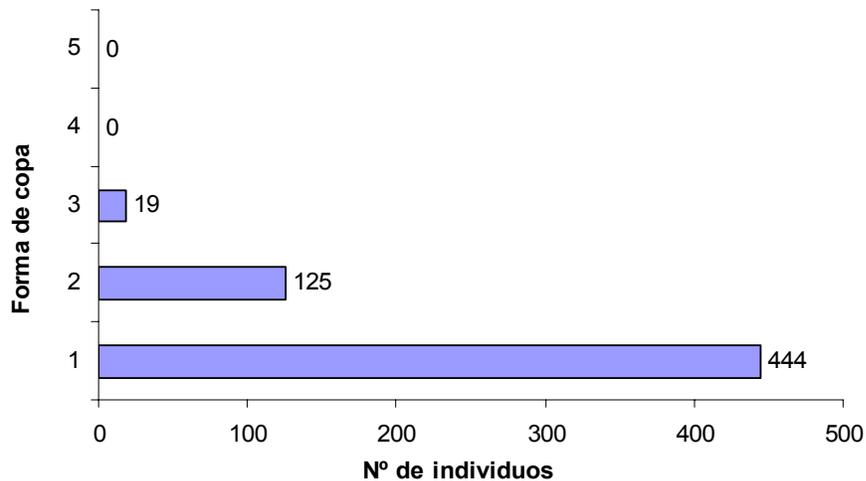


Figura 57. Número de árboles por categoría forma de copa en ladera alta.

7.3.12. Infestación por lianas en ladera alta.

Fueron registrados y distribuidos 599 individuos en cuatro categorías según Lowe & Walkey (1977), la categoría 1 (árbol libre de trepadoras) registro 446 individuos, la categoría 2 (trepadoras en el fuste) con 80 individuos, la categoría 3 (con trepadoras en el fuste y copa) con 56 árboles y la categoría 4 (trepadoras en la copa) con 6 ejemplares, entre las que tenemos a *Bauhinia* vel sp. nov. (Fabaceae), *Ficus subandina* (Moraceae), *Forsteronia australis* (Apocynaceae) (Figura 58).

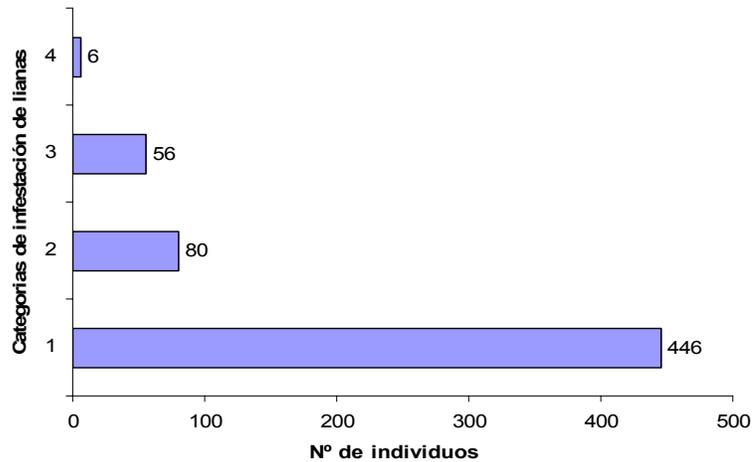


Figura 58. Infestación por lianas en individuos de ladera alta

7.4. Análisis fitogeográfico

Se hace un ensayo de ordenamiento de las 87 especies identificadas para el conjunto de las tres parcelas de muestreo, de las cuales se utilizaron solo 39 especies por su afinidad con uno u otro tipo de vegetación, el resto de las especies son consideradas de amplia distribución por lo que se encontrarían en más de un tipo de vegetación.

Analizando la distribución de las 39 especies con identificación completa (género y especie) registradas en las parcelas, 15 (38.5%) son de bosques semidecíduos, 11 (28.2%) son de bosques húmedos de tierras bajas, 7 (17.9%) son de bosques pluviestacionales subandinos y 6 (15.4%) son de Valles secos interandinos (Figura 59, Anexo 9).

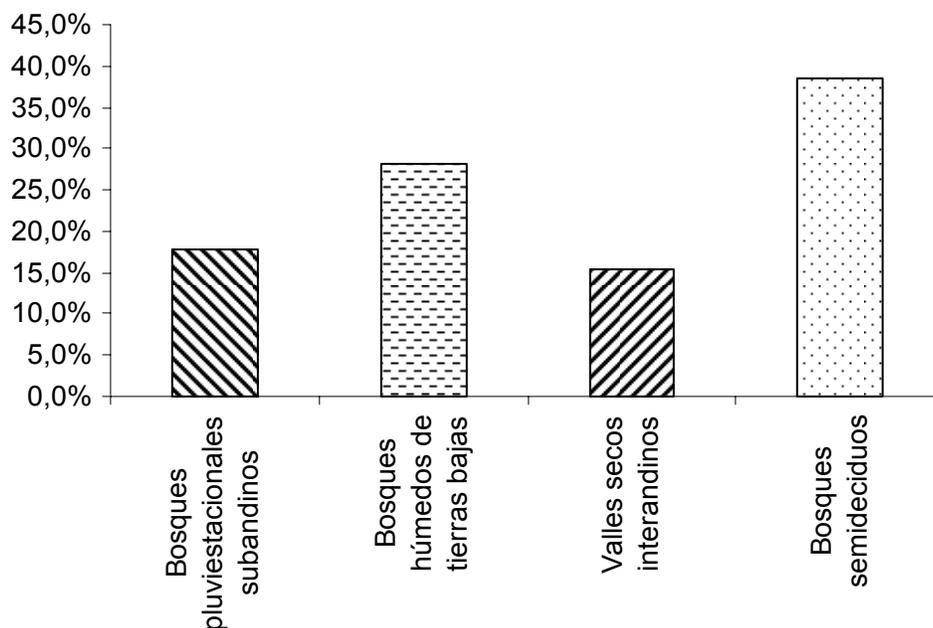


Figura 59. Afinidades fitogeográficas de un bosque seco subandino del sector de Yarimita

Dentro del grupo de especies de bosques semidecuidos la mayor parte son del llamado arco pleistocénico de bosques secos de Prado & Gibbs (1993) como *Astronium urundeuva*, *Anadenanthera colubrina*, *Opuntia brasiliensis*, *Holocalyx balansae*, *Cariniana estrellensis* entre otros. Los elementos de bosques húmedos constan con especies con un óptimo de distribución de zonas con bioclima estacional húmedo a subhúmedo, como *Cariniana estrellensis*, *Cedrela fissilis*, *Copaifera reticulata*, *Gallesia integrifolia*. El componente de bosques pluviestacionales con especies como *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Aspidosperma macrocarpon*, *Schinopsis brasiliensis*, *Sweetia fruticosa*. El elemento de valles secos interandinos que representa menor proporción, posiblemente por la relativa baja altitud del sector, con especies como *Ruprechtia apetala*, *Capparis speciosa*, *Capparis coimbrana* (Anexo 9).

Entre los endemismos encontrados tenemos a *Bauhinia vel sp. nov.*, primer registro del género para Bolivia, además de *Chrysophyllum vel sp. nov.* y *Pouteria longifolia*, estas últimas no registradas en este estudio, pero si registradas por Choque (2007) en este mismo bosque de Yarimita en un estudio con parcelas temporales de muestreo.

8. DISCUSIÓN

8.1. Diversidad florística y variables dasométricas en fondo de valle, ladera media y alta en un bosque seco subandino del sector de Yarimita.

La diversidad florística según el índice de Shannon (H') (Margalef 1977) (Ver Tabla 2) comparada en las tres subformaciones indica que existe una mayor diversidad en la parcela de ladera alta y menor en las parcelas de fondo de valle y ladera media, aunque casi similar en ambos sitios. Campos (2008) encuentra un índice de diversidad de 2.2 para fondo de valle, 3.0 para ladera media y 3.3 para ladera alta, para su estudio con una metodología similar en la localidad de Asariamamas (Valle del Tuichi-Apolo), comparando nuestros resultados observamos que nuestra ladera alta o “cima” tiene casi el mismo valor de diversidad (3.2), aunque los valores de las otras dos parcelas (fondo de valle y ladera media) para cada uno de los estudios difieren notablemente (Ver Tabla 2). Esta similitud de valores encontrados para la parcela de ladera alta puede atribuirse a que ambas parcelas fueron establecidas en un rango de altura similar (Tabla 11), aunque con especies diferentes en cuanto a su diversidad beta.

De acuerdo con el índice de similitud de especies según Sørensen entre las tres subformaciones se observa una similitud alta para fondo de valle y ladera media compartiendo más del 54% de especies y solo del 39% de especies compartidas entre fondo de valle y ladera alta, comparando esto con lo encontrado por Campos (2008) observamos que su estudio encuentra la mayor similitud entre fondo de valle y ladera media y menor similitud entre fondo de valle y cima, lo que coincide con nuestros resultados. Paredes (2008) encuentra algo muy diferente en su estudio en una formación de bosque seco en el Valle del Río San Juan (norte de Apolo), en la que su mayor similitud se da entre su parcela de ladera media y alta con más del 52 % de las especies compartidas y la menor entre fondo de valle y ladera media. Lo que sugiere para nuestro estudio que la parcela de ladera media es una transición entre fondo de valle y ladera alta, corroborado esto por la similitud que se observa entre ladera media y ladera alta con más del 40% de especies compartido, además sumado a esto el porcentaje de similitud entre parcelas observado para toda la formación (Ver Tabla 3) como un conjunto (fondo de valle, ladera media y ladera alta) muestra que la formación tiene mas del 65% de similitud entre parcelas (Anexo 8).

El número de especies encontradas es alto para el conjunto de la muestra, como asimismo se aprecia en el perfil ascendente de las curvas de acumulación de especies (Ver Figura 22) las cuales para las tres subformaciones (fondo de valle, ladera media y alta) prácticamente tienen un incremento continuo no teniendo un punto de inflexión observado, esto sugiere que la diversidad local del área es mayor a la encontrada e indica que una hectárea de muestreo es pequeña para evaluar la diversidad del lugar y es necesario incrementar la intensidad de muestreo.

Campbell *et al.* (1986) consideran que un elevado número de especies se debe a un gran número de especies raras con un IVI bajo, por lo que una dificultad, al momento de inventariar florísticamente a los bosques tropicales es la rareza local, muchos árboles a menudo son solitarios y de distribución poco conocida, por esto la curva de acumulación de especies no llega a estabilizarse prácticamente en ningún estudio de plantas leñosas para ningún bosque tropical (Campbell 1989, Romero—Saltos & Valencia 2001). Asimismo Romero—Saltos & Valencia (2001) menciona que un mayor esfuerzo de muestreo no asegura la estabilidad de la curva especies—área. Otro factor importante que estaría influenciando en la estabilidad de la curva sería la dinámica de sucesión que presenta el bosque (Gentry 1988) y que implica el establecimiento de nuevas especies que incrementan a la diversidad.

Es así que observando los trazos de la curva especie—área de fondo de valle, ladera media y alta, se demuestra la heterogeneidad de esta parte de bosque. Un área mayor puede incorporar nuevas especies a una baja tasa de recambio. Sin embargo, el tamaño de muestra puede considerarse representativo de la heterogeneidad florística de especies arbóreas, esto apoyado por la clasificación de frecuencias propuesta por Lamprecht (1990).

Muchas de las especies registradas están frecuentemente en los grupos diamétricos o altimétricos, su importancia varía, por tanto al estar estas subformaciones boscosas ubicadas en áreas altamente heterogéneas, están sujetas a flujos de especies y probablemente, contendrán más especies transitorias de hábitats adyacentes, lo que tiene un efecto de disminuir la pendiente de la curva área-especie como es el caso de ladera media, en la que se nota esta disminución en la pendiente.

Las especies raras en nuestro estudio (*Tabebuia serratifolia*, *Lonchocarpus leucanthus*, *Brosimum lactescens*, *Hura crepitans*, *Myrsine latifolia*, *Eugenia ligustrina*, *Coutarea hexandra*, *Guettarda polaina*, *Pogonopus tubulosus*, *Allophylus edulis*, *Dilodendron bipinnatum* y *Chrysophyllum gonocarpum*) merecen atención especial desde diversos puntos de vista (biológico, ecológico, de conservación, de uso) y que a pesar de contar con una simple representación, tienen un efecto importante por representar la diversidad β y contribuyen con el número total de especies en parcelas de bosque con alta diversidad (Sarmiento 1975) (Anexo 8). Y podrían dar pautas acerca de las condiciones ambientales, a las que están sujetas las subformaciones boscosas estudiadas.

El presente estudio sobre los aspectos estructurales y florísticos de un remanente de bosque seco subandino indica que este tipo de bosque tiene una diversidad promedio de árboles (≥ 10 cm DAP) de 46 especies por hectárea. No obstante, este varía entre las parcelas analizadas. Haciendo una comparación de los inventarios con la misma metodología (PPMs) y otras metodologías disponibles (Parcelas Temporales de Muestreo PTM), realizados en la misma formación de bosque seco del Parque Madidi, según el número de especies registradas en los fondos de valle, se observa que existe una disminución de la diversidad conforme disminuye la latitud, para Yarimita (940 m) 36 especies ($14^{\circ}32'48.3''S$), para Resina (662 m) 46 especies ($14^{\circ}17'57''S$) y para San Juan (850 m) 55 especies ($14^{\circ}12'01.4''S$), la misma que no muestra ser influenciada por el gradiente altitudinal para las mismas localidades (Presente estudio, Campos 2008, Paredes 2008) (Tabla 11).

A nivel de ladera media la diversidad de especies incrementa en los diferentes sitios de estudio (Yarimita, Pintata, Resina, San Juan) (Tabla 11), mostrando no estar influenciada por la altitud ya que el gradiente es amplio de 1.170 a 880 (presente estudio, Cayola 2004, Campos 2008, Paredes 2008). El número de especies encontrado en las muestras de Chaquimayo y Yanamayo es significativamente más alto por ser estos transectos Gentry (PTM) en los que incluyen la medición de hemiepífitas herbáceas (helechos y aráceas), pero separando solo a leñosas con DAP ≥ 10 cm, los resultados muestran una coincidencia en el número de especies cercanos a 40 especies (Kessler & Helme 1999, Phillips & Miller 2002). Estas variaciones en la diversidad podrían estar directamente relacionadas con el clima, la precipitación o humedad, la duración de la época seca y los suelos en los que se forman los bosques secos del Madidi.

Y por último a nivel de ladera alta, como se puede ver en la Tabla 11, la diversidad de especies para Yarimita (1.170 m) es de 57 especies (14°33'05.2), para Resina (1.010 m) es de 54 especies (14°20'00.5 S) y para San Juan (1.050 m) es de 96 especies (14°11'55.5 S), mostrando un comportamiento de la diversidad similar al de ladera media y parece estar influenciada por los mismos factores mencionados en ladera media. La influencia del clima, puede observarse en los valores de área basal que disminuyen hacia la zona núcleo del bosque seco semidecídulo como es Resina que es a su vez la zona más decidua y xérica (Araujo-Murakami *et al.* en prensa).

En el presente estudio el número de familias encontrados es similar a los realizados en bosques húmedo montaños del Madidi a alturas mayores (Cabrera 2004) (1.600 m), (Bascopé 2004) (1.850–2.023 m) y en el Parque Nacional Amboró (Vargas 1996) (1.500 m). Pero es menor en alturas menores en estudios en tierras bajas realizados por Seidel (1995) en la Serranía de Marimonos (200 m), (De la Quintana (2004) en Río Hondo ANMI Madidi (200 m), Calzadilla (2004) ANMI Madidi (200 m), e incluso es menor en aquellas formaciones que ascienden hasta 900 m como el caso de Smith & Killeen (1998) en la Cumbre Pilón Lajas. Por el contrario realizando la misma comparación con el número de especies y los anteriores estudios de bosques montaños y de tierras bajas encontramos que el número de especies de nuestro estudio es mucho menor a los encontrados en los ya citados estudios.

Esta diferencia de diversidad de bosques húmedos montaños y de tierras bajas frente al de bosque seco subandino está influenciada por la combinación de dos factores altitud y latitud. Altitudinalmente, los bosques secos parecen incrementar el número de especies hasta cierta altitud (500–2.000 m) (Fuentes 2005), debido a ser zonas de transición (ecotonos) y presentar una mezcla de elementos florísticos de bosques de tierras bajas y bosques de la Chiquitanía que resulta en una mayor diversidad florística, nuestros resultados no parecen estar de acuerdo con el patrón mencionado ya que la zona de estudio se encuentra en una zona intermedia que no está en contacto con el bosque montañoso y es parte de los Yungas internos descritos por Navarro (2002), Navarro & Ferreira (2004) y Fuentes (2005) siendo relictos de otras regiones biogeográficas que han quedado aisladas debido a fluctuaciones climáticas pasadas.

Latitudinalmente los estudios ya citados en Bolivia muestran que la riqueza de especies disminuye de Norte a Sur, esto se relaciona a la intensidad y ángulo de incidencia solar, en la parte norte del territorio los rayos solares llegan más perpendicularmente y gozan de mayor temperatura, generando una menor estacionalidad y haciendo más cálida esta región, lo cual hace que se enfatice la heterogeneidad del ambiente y se creen diferentes condiciones físicas y edáficas (Gentry & Ortiz 1993). Lo cual forma varios y distintos hábitats que permiten la combinación de diferentes especies arbóreas (Leigh & Egbert 1990; Kessler & Helme 1999).

No obstante, ambos factores (altitud y latitud) generan diferentes condiciones ambientales como suelos, temperatura, precipitación y estacionalidad entre otros que se encuentran implícitos dentro estos dos factores, coincidiendo esto con lo expresado por Killeen (2005) respecto a los determinantes en los patrones de diversidad. Estos hechos explicarían la diferencia en la riqueza de especies entre el presente estudio.

Los suelos de las parcelas en el área de estudio presentan una textura característica de los bosques caducifolios (Clark 2002), donde se dan suelos arenosos, franco arcillosos y franco arenosos, la cual permite el acceso de las raíces de los árboles al agua profunda, debido a la falta de un horizonte impermeable y a la gran profundidad que muestran los suelos (GEOBOL 1985), allí, a pesar de sufrir una estación seca marcada, los bosques son perennifolios, precisamente porque los árboles tienen acceso al agua del subsuelo.

La mayor diversidad de especies se encuentran en ladera alta esto puede estar determinado por el moderado contenido de materia orgánica (Anexo 10), la cual es aportada por las especies caducifolias, que están mejor representadas en laderas altas y cimas. Según de las Salas (1987) una alta cantidad de materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico, favoreciendo la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre, lo cual sería una de las razones por las cuales las cimas o en nuestro caso ladera alta tendría la mayor diversidad. Este mismo patrón de diversidad fue reportado por Paredes (2008) y Campos (2008) en los que en las parcelas de ladera alta (Tabla 11) presentan un alto valor de diversidad en relación a un alto valor de materia orgánica registrado.

Un alto porcentaje de arcillas registrado en fondo de valle aumenta la posibilidad de tener condiciones de humedad, con valores de pH ácidos y tener un porcentaje de materia orgánica medio (Anexo 10). La materia orgánica cumple una función importante, la de proveer de nutrientes a los suelos, además de esto otra función importante es la de mejorar la textura pesada y gruesa de los suelos, actuando como granulante en los suelos (de las Salas 1987). Pese a esto fondo de valle registra la menor diversidad de especies, se esperaría tener mayor diversidad y número de individuos en esta subformación, lo cual no ocurre, sin en cambio se observan árboles de gran tamaño y diámetro, favorecidos por los suelos de esta subformación.

Comparativamente las laderas medias presentan mayor número de especies que los fondos de valle y menor número de especies que las cimas, la parcela de ladera media del presente estudio es la que registra el menor número de individuos con respecto a las otras parcelas de ladera media (Tabla 11), posiblemente por haber caído en un manchón de *Oxandra espintana* el cual ocupa más del 35% de los árboles registrados en la parcela y tienen en conjunto un área basal baja (Ver Tabla 8) y que incluye muchos individuos juveniles, esta misma coincidencia de especie ocurre en la parcela de ladera media registrada por Paredes (2008) en la que *O. espintana* ocupa la mayor abundancia con 63% (647 individuos) de los 1.018 registrados y en conjunto tienen casi tres veces más el área basal de *O. espintana* que en nuestro estudio. Esto no ocurre con lo expresado por Campos (2008) en la que *O. espintana* ocupa el 0.13% (1 individuo) de los 737 individuos de la parcela de ladera media. Con lo que pudiera responderse al hecho de que las parcelas de ladera media de nuestro estudio y de Paredes (2008) estarían en una franja más húmeda o en un borde o frontera³, limitando casi con una zona pluviestacional más húmeda y que la parcela de ladera media de Campos (2008) se encontraría en una zona más seca.

³ Lugar donde se encuentran dos o más tipos de vegetación o de comunidades (Rozzi et al. 2001).

Tabla 11. Comparación de la diversidad y variables dasométricas con otros estudios en el bosque seco del Parque Madidi (FV fondo de valle; LM ladera media; LA ladera alta). * Transectos Gentry.

Localidad	Autor	Ubicación geográfica	Altitud (m)	Nº (indiv/ha)	AB (m2/ha)	Nº (sp/ha)	Especies importantes	
Yanamayo *	Kessler y Helme(1999)	—	1020-1200	339	—	80	<i>Gallesia integrifolia</i> , <i>Chrysophyllum gonocarpum</i> , <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> , <i>Phyllostylon rhamnoides</i> , <i>Acacia glomerosa</i> , <i>A. colubrina</i>	
Chaquimayo*	Phillips y Miller (2002)	—	1000	463	4.7	81	<i>P. rhamnoides</i> , <i>T. aff. emarginata</i> , <i>A. colubrina</i> , <i>X. americana</i> , <i>M. scleroxylon</i> , <i>T. triflora</i>	
Pintata	Cayola (2004)	14° 27' S 68° 23' W	880	697	20	49	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Trichilia aff. emarginata</i> , <i>Machaerium scleroxylon</i> , <i>Ximenia americana</i>	
Yarimita	Presente estudio	FV	14°32'48,3" S 68°41'36,6" W	940	430	30,5	36	<i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Gallesia integrifolia</i> , <i>Acacia polyphylla</i> , <i>Oxandra espintana</i> , <i>Phyllostylon rhamnoides</i>
		LM	14°32'26,6" S 68°41'24,5 W	1020	614	23,1	44	<i>Oxandra espintana</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> , <i>Acacia lorentensis</i> , <i>Machaerium scleroxylon</i>
		LA	14°33'05,2" S 68°41'08,9" W	1170	604	29,8	57	<i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Astronium urundeuva</i> , <i>Copaifera reticulata</i> , <i>Cariniana estrellensis</i> , <i>Siphoneugenia occidentalis</i>
Resina	Campos (2008)	FV	14° 19'30,2" S 68°33'57,1" W	662	734	20,7	47	<i>Oxandra espintana</i> , <i>Phyllostylon rhamnoides</i> , <i>Capparis coimbrana</i> , <i>Achatocarpus praecox</i> , <i>Machaerium pilosum</i>
		LM	14°17'57" S 68°34'00,6" W	830	737	17,7	42	<i>Machaerium scleroxylon</i> , <i>Capparis polyantha</i> , <i>Trichilia catigua</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Zanthoxylum fagara</i>
		LA	14°20'00,5" S 68°34'20,5" W	1010	877	20,8	55	<i>Trichilia catigua</i> , <i>Machaerium scleroxylon</i> , <i>Myrcianthes pseudomato</i> , <i>Piptadenia excelsa</i> , <i>Chrysophyllum vel sp. nov.</i>
San Juan	Paredes (2008)	FV	14°12'01,4" S 68°39'21,1" W	850	415	35,5	55	<i>Oxandra espintana</i> , <i>Gallesia integrifolia</i> , <i>Pentaplaris davidsmithii</i> , <i>Ceiba speciosa</i> , <i>Bougainvillea modesta</i>
		LM	14°11'58,9" S 68°39'07,3" W	935	1018	32,1	60	<i>Oxandra espintana</i> , <i>Phyllostylon rhamnoides</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Gallesia integrifolia</i> , <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>
		LA	14°11'55,5" S 68°38'23,4" W	1050	796	28,2	96	<i>Myroxylon balsamum</i> , <i>Oxandra espintana</i> , <i>Schinopsis brasiliensis</i> , <i>Myrcia fallax</i>

La apertura de una zona de transición gradual hacia bosques pluviestacionales y pluviestacionales más húmedos de las laderas medias y laderas altas o cimas podrían responder a la alta diversidad registrada en estos, con un bioclima pluviestacional y un ombroclima subhúmedo, denominado como bosque yungueño subandino superior pluviestacional subhúmedo en un rango entre los 1.100–1.200 m a 1.800 m el mismo que registra menor humedad que el bosque yungueño subandino superior pluviestacional húmedo en un rango altitudinal mayor 1.100–1.200 hasta 1.900–2.100 m (Fuentes 2005).

Muchos autores atribuyen la gran diversidad de los bosques tropicales, debido a la variación en la presencia de especies (número de especies) o a su abundancia (número de individuos por especie), la cual puede ocurrir en un tiempo o espacio (Gentry 1982, Gentry & Dodson 1987, Foster *et al.* 1986). Asimismo, la riqueza de especies se atribuye a la variabilidad topográfica (factor formador de los ecosistemas) y a la exposición topográfica del fragmento de bosque. Para Bolivia puede afirmarse que las exposiciones sur (umbrías) son más frías y húmedas ya que reciben menos radiación solar diariamente, en contraste, las exposiciones al norte son más cálidas y por tanto más secas al recibir mayor radiación solar. Asimismo, estas exposiciones topográficas inciden en la cantidad de precipitaciones recibidas, de tal forma que en las laderas montañosas expuestas directamente a los vientos húmedos son más lluviosas, mientras que las situadas por detrás, protegidas del viento húmedo son menos lluviosas (Navarro 2002).

Este efecto es muy marcado en el subandino meridional, donde la disposición paralela de las serranías orientadas más o menos perpendicularmente a los vientos alisios, hace que las exposiciones al sur sean más húmedas que las exposiciones al norte, con los correspondientes cambios muy marcados en el tipo de vegetación (Navarro 1997 y 2002). Por tanto a mayor heterogeneidad espacial y diversidad ecosistémica se puede atribuir una mayor riqueza de especies (IAVH 1998).

Puesto que la mayoría de los ecosistemas tropicales secos han estado bajo la influencia humana por muchas décadas (Murphy & Lugo 1986, Josse & Balslev 1993), la historia de la intervención humana es probablemente el factor más crítico que determina la riqueza y diversidad de estos ecosistemas. Así, en la región de estudio se ha verificado una fuerte presión antrópica desde antaño, puesto que la localidad más cercana, Pata, es una de las poblaciones más antiguas de la región (aproximadamente 70 años) (Fuentes 2005), por lo

que parte de la vegetación circundante a esta son bosques bajos sobre suelos pobres, correspondientes a áreas intensamente degradadas por las actividades humanas (agricultura, ganadería y quemadas), donde la vegetación chaparra o chaparrales⁴ se presentan como un denso bosque que prospera en laderas altas y cimas entre 1.100 a 1.200 m (Navarro 2002, Araujo-Murakami *et al.* en prensa).

8.2. Composición arbórea e importancia ecológica en fondo de valle, ladera media y alta.

8.2.1 Familias importantes en fondo de valle, ladera media y alta.

La composición florística de un bosque, que incluye tanto el número de especies como su abundancia relativa, define la estructura biológica de una comunidad (Smith & Smith 2001), la cual se mide por su riqueza. La familia de árboles con mayor diversidad de especies, reflejada por el alto número de individuos, con diferentes tipos de fuste desde delgados hasta muy gruesos, lo que también le suma un alto valor en términos de área basal en esta formación de bosque seco (Ver Tablas 5, 7 y 9) corresponde a Fabaceae, encontrándose este mismo resultado en otros estudios realizados en localidades cercanas en el Parque Madidi (Cayola 2004, Fuentes 2005, Paredes 2008, Campos 2008) y en otros sitios del país como en la Chiquitanía o en los valles interandinos de la provincia Boliviano-Tucumana (Bach *et al.* 1999, Fredericksen 2000, López 2003, Caballero & Jørgensen 2004, Uslar *et al.* 2004) registran esta misma característica, aunque no siempre como la más importante pero entre las principales.

Annonaceae es la segunda familia con mayor peso ecológico de las tres subformaciones de bosque; presenta un alto número de individuos y es frecuente, aunque solo esta representada por una sola especie con individuos delgados pero en conjunto le suman un área basal media, al igual que en otros estudios realizados en la zona núcleo del bosque seco semideciduo del valle del Tuichi (Choque 2007, Campos 2008, Paredes 2008). No obstante de su importancia local, esta familia no corresponde a las familias más importantes en bosques de la Chiquitanía y en la provincia Boliviano-Tucumana por lo mencionado en Saldias (1991), Uslar *et al.* (2004), Caballero & Jørgensen (2004), aunque por los resultados encontrados en nuestro estudio y por los encontrados por Campos

⁴ Tipo de vegetación arbórea por lo general baja, con un dosel de menos de 10 m de alto (Rozzi *et al.* 2001).

(2008), Loza (2008), Paredes (2008) y Torrez (2008) esta especie tendría su óptimo de crecimiento en laderas y cimas del valle del Tuichi, en las cuales obtienen su mayor expresión.

Phytolaccaceae, Apocynaceae y Anacardiaceae le siguen en orden de importancia con diferentes valores de abundancia y frecuencia de individuos, con una especie en el caso de la primera, con cuatro especies el caso de la segunda y dos especies la tercera. Estas familias son importantes dentro de este tipo de subformaciones de bosque subandino semideciduo y de otros de bosque semideciduo y secos como los de la región de la Chiquitanía (Killeen *et al.* 1998, Araujo-Murakami *et al.* en prensa) y de bosques subhúmedos de la provincia Boliviano-Tucumana (Navarro 2002, Caballero & Jørgensen 2004).

La presencia de la familia Cactaceae en los registros de este estudio confirma la estacionalidad climática que este tipo de subformaciones boscosas (Fuentes 2005), una ventaja adaptativa es la succulencia, característica de esta familia y de otras familias que crecen en regiones áridas y semiáridas. Iguales registros son confirmados en otros estudios en los alrededores del valle del río Machariapo, Pintata, Yarimita y Resina donde Fuentes *et al.* (2004), Cayola (2004), Choque (2007), Campos (2008), Zenteno (en prensa) registran a *Opuntia brasiliensis*, *Pereskia weberiana*, *Cleistocactus sp.*, *Praecereus euchlorus* entre otros como características de estos lugares.

Foster & Gentry (1991) muestran entre las familias de mayor importancia en bosques secos estudiados en Sudamérica a Fabaceae, Bignoniaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Sapotaceae, Sapindaceae, Flacourtiaceae y Capparidaceae. Igualmente Killeen *et al.* (1998) indica que en bosques secos de la Chiquitanía las familias leñosas más importantes son Anacardiaceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Cactaceae, Capparaceae, Fabaceae y Sapindaceae. En nuestro estudio se encuentran la mayoría de las familias anteriormente mencionadas, con algunas diferencias como son los casos de Achatocarpaceae, Clusiaceae, Celastraceae, Olaceae y Tiliaceae, posiblemente debido a lo anteriormente mencionado respecto a las variables precipitación y estacionalidad (Killeen 2005). Otras posibilidades pueden ser una baja tasa de regeneración que enfrentan estas familias debido a cambios en las estaciones, con épocas de lluvia más prolongadas y fuertes o épocas secas más intensas (Kattan 2002) que estarían afectando

su regeneración o posiblemente una baja tolerancia a alteraciones ya sean estas provocadas por la mano del hombre (deforestación, ganadería, minería, etc.) (GEOBOL 1985, EUROCONSULT 1999).

8.2.2. Especies importantes en fondo de valle, ladera media y alta

La importancia ecológica por especie en fondo de valle y ladera alta muestran a *Anadenanthera colubrina* (Fabaceae) como la especie mas abundante, frecuente y dominante, hecho que coincide con los estudios de Cayola (2004), Fuentes *et al.* (2004), Fuentes (2005), Choque (2007), Paredes (2008) y Campos (2008). Siendo esta especie de fácil dispersión y característica de los bosques secos del llamado “arco pleistocénico” o de las formaciones residuales estacionales pleistocénicas, las cuales han sido reportadas de haber tenido una fluctuación climática húmedo-seca, lo cual ha dado una disyunción de bosques estacionales en el continente (Prado & Gibbs 1993, Prado 2000, Fuentes *et al.* 2004, Fuentes 2005).

Muchos estudios en Bolivia han demostrado que esta especie es común, desde bosques semidecíduos bien drenados hasta bosques ribereños (Mostacedo *et al.* 2001, Jaldín *et al.* 2003) Esta distribución se debe a su ecología dominante particularmente en las formaciones arborescentes, por presentar un alto número de semillas planas aladas, las cuales alcanzan distancias mayores que otras semillas y que se adaptan mejor a suelos calci-mórficos (Prado 1991, 2000), como los que se dan en los suelos de la localidad de Pata (GEOBOL 1985).

Oxandra espiñana (Annonaceae), aunque solo se registra en fondo de valle y ladera media es la que le sigue con mayor peso ecológico en este estudio, similares resultados de peso ecológico fueron los obtenidos por Choque (2007), Campos (2008) y Paredes (2008). Esta especie es de amplia distribución en América tropical, desde el Caribe hasta el sur del Brasil (Killeen *et al.* 1993), en Bolivia se distribuyen en bosques submontanos, parcialmente secos de las terrazas de Alto Beni entre los 450 a 600 m con precipitaciones de 1.300 y 1.600 mm, en suelos relativamente pobres y mal drenados, de paisajes de montaña y laderas expuestas (PIAF 2000). Por lo que esta especie se trataría de una especie de sucesión en ambientes alterados (Navarro 2002).

La presencia de *Gallesia integrifolia* (Phytolaccaceae), *Myroxylon balsamum* (Fabaceae) y *Phyllostylon rhamnoides* (Ulmaceae) entre las especies con alto valor de importancia en las tres parcelas nos dan indicios sobre el tipo de suelo y drenaje de la muestra en conjunto (fondo de valle, ladera media y alta). Mostrando que las dos primeras especies se dan en suelos relativamente pobres, bien drenados y secos de bosques submontanos entre los 400 a 800 m y son características de la región Brasileño—Paranense y la provincia Acre—Madre de Dios (PIAF 2000, Navarro 2002) y la tercera en zonas con suelos moderadamente bien drenados como en el bosque seco Chiquitano (Navarro 2002, Jaldín *et al.* 2003).

Estas pautas de la preferencia de suelos de ciertas especies son corroboradas por los datos obtenidos en los levantamientos de suelo realizados en la región por Choque (2007), Loza (2008) y (Torrez 2008), donde la textura del suelo, pH y materia orgánica son variables que influyen en la heterogeneidad espacial en muchos bosques secos (Bullock *et al.* 1995), empero mucho más influenciados por la relación de los factores fitogeográficos “climático y topográfico”. Lo anterior parece coincidir con lo expresado por Gentry (1982, 1988), en cuanto a que particularmente en el Neotrópico, la riqueza de especies está correlacionada con la intensidad y distribución de la precipitación anual total, teniendo la zona del valle del Tuichi una mayor precipitación anual que la registrada en regiones más bajas.

Bauhinia sp., una especie nueva para el país, frecuentemente encontrada en zonas adyacentes a localidades dentro del valle del Tuichi, es una especie registrada en nuestro estudio, así como en otros como los realizados por Fuentes *et al.* (2004), Cayola (2004), Choque (2007). Según Cayola (2004) el aislamiento de estos valles secos pudo contribuir a la formación de un centro de endemismos y especiación, lo cual explicaría el encontrar esta nueva especie y otras especies nuevas como *Chrysophyllum* sp., *Amyris* sp. y *Trichilia catigua* registradas en el valle del Tuichi en otros estudios (Fuentes *et al.* 2004, Paredes 2008 y Campos 2008). Por lo que la probabilidad de encontrar especies nuevas y endémicas en estos valles incrementa la necesidad de realizar nuevos estudios en la zona (Kessler & Helme 1999, Cayola 2004).

La presencia de *Opuntia brasiliensis* en las tres parcelas de estudio, el único cactus arbóreo de esta familia registrado en este estudio y con igual registro en otros estudios en

esta zona (Beck *et al.* 2002, Fuentes *et al.* 2004, Choque 2007, Paredes (2008), Campos 2008) confirma la pluviestacionalidad que registra esta subformación (Fuentes 2005). Por otro lado se registran otros cactus como *Cleistocactus sp.*, *Cereus sp.* y *Pereskia weberiana*, los cuales están presentes en el valle del Río Tuichi, pero no se registran en el presente trabajo.

Un caso particular son las pocas lianas registradas en nuestro estudio, distribuidas en cuatro familias Apocynaceae, Euphorbiaceae, Moraceae y Fabaceae (Ver Tabla 4), siendo esta última la más diversa. Paredes (2008) manifiesta un promedio de 17 especies de lianas y una especie de hemiepífita, más al norte de la región núcleo del bosque seco del Tuichi, siendo las familias dominantes Fabaceae y Moraceae y las más diversas Fabaceae, Bignoniaceae y Malphighiaceae. Estos datos expresan alguna coincidencia con los nuestros, teniendo a Moraceae y a Fabaceae como familias dominantes y de mayor diversidad de lianas, esto coincide también con Campos (2008) que encuentra a Fabaceae como la de mayor diversidad de lianas pero no así a Moraceae como dominante.

Fuentes *et al.* (2004) encontraron en esta misma región del Tuchi un promedio de 36 especies de lianas en 1.3 ha (DAP \geq 2.5 cm), siendo las familias dominantes Bignoniaceae y Sapindaceae, mientras que las más diversas fueron Bignoniaceae y Malphighiaceae. Así también en el bosque seco chiquitano Killeen *et al.* (1998) reconocen a Bignoniaceae, Malphighiaceae y Sapindaceae como las familias más diversas. Las lianas muestran ciertos patrones de diversidad influenciados por el cambio de condiciones ecológicas a lo largo de gradientes altitudinales, latitudinales y continentales. Estos factores tienen consecuencias de manera que, esta forma de vida, esté mejor representada en altitudes intermedias (Gentry & Dodson 1987) y que lleguen a ser componentes estructurales que representan parte significativa de los bosques tropicales (Gentry 1982).

La presencia de este tipo de vida, de rápido crecimiento en extensión pero bajo en diámetro, está relacionado con la mayor incidencia de luz, formación de claros, mayor disponibilidad de soportes (Hegarty & Caballé 1991) y el incremento de humedad según la altitud, aunque en nuestro estudio son pocas las lianas registradas esto se puede deber a que pocos individuos de lianas alcanzan diámetros mayores a 10 cm.

La diversidad y riqueza de especies según el gradiente altitudinal ha destacado dos modelos de distribución, el primero que se dirige a una relación de riqueza continua con el ascenso a altitudes mayores con Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae y Apocynaceae como familias más diversas. El segundo muestra una relación poco ordenada con respecto a sus patrones de distribución con cambios poco definidos, entre los cuales las familias Meliaceae, Bombacaceae, Polygonaceae, Moraceae, Sapindaceae, Ulmaceae y Lauraceae van interviniendo con nuevas especies a medida que incrementa el gradiente altitudinal, aunque con pocos individuos.

Por lo puntualizado anteriormente, las muestras de fondo de valle y ladera media como un ecotono⁵ estarían sometidas a condiciones con mayor descarga de precipitación y humedad en el ambiente, terminando la época de lluvias en la región e influenciado por su diversidad topográfica, al estar más estrechamente ligadas a bosques subandinos pluviestacionales subhúmedos superior e inferior (Fuentes 2005). Mientras que la subformación boscosa de ladera alta estaría más ligada a lo que se denomina como bosque subandino xérico. Aunque este tipo de subformaciones boscosas secas se caracterizan por presentar una estación seca prolongada y marcada, así en la región del Madidi su ocurrencia se asocia al fenómeno de "*sombra de lluvia*", el cual genera un déficit hídrico (Beck *et al.* 1993, Bullock *et al.* 1995, Ribera *et al.* 1996) y si bien existe una correlación entre la precipitación, humedad y la altitud, generalmente puede ser observado que al principio, el volumen pluvial aumenta con el ascenso en altura, hasta alcanzar una altitud determinada, y que al pasarla, comienza a disminuir nuevamente, lo cual significa que el volumen anual máximo se precipita a altitudes medias (Lamprecht 1990).

La composición arbórea en los resultados del gradiente altitudinal, considera que la mayor diversidad y riqueza se encontró a los 1.170 m (ladera alta) aunque con relativa disminución de individuos en el momento de comparar los totales de individuos por parcela. Las otras dos subformaciones de bosque son menos ricas en especies e individuos. En las tres subformaciones las familias no presentan una correlación a medida que incrementa la altura, tendiendo más bien a una disminución y luego a un aumento, por lo que el gradiente altitudinal no tendría efecto a este respecto. También se evidencia una tendencia a incrementar el número de especies e individuos según se incrementa la

⁵ Fronteras ecológicas entre formaciones boscosas. Estas fronteras dependen de diferentes variables y tipo de estudio para definir las (IAVH, 1998).

altitud, por lo que el gradiente altitudinal, podría significar un cambio a través del ambiente, y puede tener efectos pronunciados en las especies, por efecto de temperatura, humedad y tipo de suelo, entre otros. (Beck *et al.* 1993, Gentry 1995, Navarro 2002, Choque 2007, Torrez 2008).

8.3. Estructura arbórea en fondo de valle, ladera media y alta.

8.3.1. Estructura horizontal en fondo de valle, ladera media y alta.

La estructura horizontal de la muestra en general (fondo de valle, ladera media y alta), es la típica “J” invertida de los bosques tropicales, al acumular numerosos individuos en clases diamétricas menores y muy pocos individuos en clases diamétricas superiores. Este tipo de distribución es típica para un bosque que no ha sido intervenido o poco intervenidos y se encuentra equilibrado, por la mortalidad sufrida en cada clase, que se compensa aparentemente con la cantidad de árboles que ingresan de la clase inferior, es decir el crecimiento interno, que es más que adecuado para la producción de reemplazos, sin embargo, el crecimiento diamétrico es mucho menor en los árboles grandes que en los más pequeños a diferencia del volumen (Lamprecht 1986, Seidel 1995).

El área basal, producto de la dominancia de ciertas especies, muestra una disminución desde fondo de valle a ladera media (30.5 m²/ha a 23.1 m²/ha), aumentando posteriormente a un valor de 29.8 m²/ha en ladera alta, estos valores no tienen coincidencia alguna a medida que se incrementa el gradiente altitudinal, el área basal de nuestros resultados estarían por encima del encontrado para los estudios realizados en los alrededores de Tuichi con PPM como en Pintata por Cayola (2004) con 20 m²/ha y los de Campos (2008) en Resina con 20.7 m²/ha para fondo de valle, 17.7 m²/ha para ladera media y 20.8 m²/ha para ladera alta, pero estarían por de bajo del valor de área basal con respecto a los resultados de Paredes (2008) en San Juan, con 35.5 m²/ha para fondo de valle, 32.1 m²/ha en ladera media y 28.8 m²/ha para ladera alta. Pero si estarían cerca del promedio (30 m²/ha) de otros estudios realizados en otros sitios de bosque seco con PTM como los hechos por Saldias (1991), Caballero & Jørgensen (2004), Fuentes *et al.* (2004). Estos resultados podrían deberse a alteraciones antiguas como los claros de bosque o que la localidad presenta una topografía con pendientes mas pronunciadas hacia las laderas altas, (Müller *et al.* 2002, Navarro 2002, Fuentes 2005), o un clima mas xérico en

las zonas medias y altas, estando nuestro estudio en una zona de transición de un bosque subhúmedo a uno más seco o que se hayan evaluado individuos con mayor grosor de tallo en la parcela de fondo de valle (430 individuos), en ladera (614 individuos) en su mayoría con tallos jóvenes y delgados donde *Oxandra spintana* domina. Por último en ladera alta (604 individuos) donde se da una heterogeneidad de dominancia que influye en el incremento del área basal de esta subformación.

La variación en una mayor precipitación (1.600 a 1.900 mm) en bosques más húmedos incrementaría el valor de área basal con un promedio de entre 35 y 52 m²/ha hecho corroborado por estudios realizados en bosques montanos como los de Phillips & Miller (2002), Bascopé (2004), Cabrera (2004), con lo que se confirmaría que en bosques más secos la dominancia es mucho menor. La distribución irregular de los árboles refleja las influencias tanto del ambiente físico como del biológico (Smith & Smith 2001). En las comunidades terrestres, la estructura del suelo, la fertilidad de éste, las condiciones de humedad y la orientación influyen sobre la distribución de los individuos y los patrones de luz y sombra determinan el desarrollo vegetativo en estratos inferiores (Smith & Smith 2001, Hubbell *et al.* 1986, Guariguata & Kattan 2002).

8.3.2. Estructura vertical en fondo de valle, ladera media y alta.

La estructura vertical es determinada en gran manera por la forma de las plantas (su tamaño, forma de ramificación y hojas) la cual, a su vez, influye y es esta influenciada por el gradiente vertical de luz, relacionado con la humedad y la calidad del suelo (Smith & Smith 2001). La formación boscosa del bosque seco subandino de Yarimita muestra una estratificación fácil de diferenciar, una característica distintiva que la diferencia de los bosques montanos (Beck *et al.* 1993, Phillips & Miller 2002, Bascopé 2004, Cabrera 2004), los cuales muestran una estratificación compleja y difícil de diferenciar. Cuanto menos favorables son las condiciones de suelo, humedad y topografía, tanto menor es la cantidad de estratos, forjando a las especies para que aprovechen esta situación para un crecimiento acelerado hasta alcanzar el dosel y expandir sus copas (Smith & Killeen 1998). En el presente estudio la estratificación se manifiesta en la distribución de los árboles en clases altimétricas y de acuerdo a esto el bosque presenta una estructura basada en cuatro estratos (sotobosque, zona inferior de copas, zona de dosel superior y zona de emergentes). En este sentido este bosque muestra una estratificación conforme a

otros bosques del neotrópico, pero con una competencia de individuos juveniles del estrato entre los 10 a 20 metros por alcanzar mayores alturas.

Por lo que entre estos estratos se diferencian especies destacadas para cada una, así se observó que la zona inferior de copas (10 a 20 m) es la mas rica en familias y especies con *Oxandra espiantana*, *Capparis polyantha*, *Trichilia elegans* y *Holocalyx balansae* siendo las mas dominantes de este estrato, encontrándose esta similar disposición a otros estudios como el de Cayola (2004), Paredes (2008) y Campos (2008). Le siguen el sotobosque (< 10 m), la zona de dosel superior (20 a 30 m) y finalmente la zona de emergentes (> 30 m) con pocos individuos característica que comparte con lo señalado por otros estudios realizados en los alrededores del Tuichi (Kessler & Helme 1999, Beck *et al.* 2002, Fuentes *et al.* 2004, Paredes 2008, Campos 2008). Se encontró además a *Anadenanthera colubrina* como la especie dominante en los cuatro estratos y especie emergente en las tres subformaciones, así como *Ceiba speciosa*, *Gallesia integrifolia*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Astronium urundeuva*, aunque no se encuentran como especies emergentes pero si dominantes en alguna de las tres subformaciones.

Al medir la posición y forma de copa respecto a la luz solar se determina la disponibilidad de luz (Dawkins, 1958). Los resultados obtenidos muestran 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 y que más de la mitad de los individuos recibe luz suficiente para desarrollarse sin problemas, en general son pocos los árboles emergentes en los bosques secos, lo cual coincide con los resultados de Cayola (2004), Paredes (2008) y Campos (2008). En este sentido en conjunto este bosque muestra, que la competencia por un buen espacio para desarrollar formas y posición de copa no conlleva dificultad, no existe algún problema por el espacio, asimilación de luz o nutrientes; las especies establecidas en esta formación están adecuadas para el tipo de exposición topográfica y que ellas encontraron los niveles apropiados de energía para las condiciones de suelo, pH, materia orgánica, humedad y temperatura.

Comparando nuestros resultados con Paredes (2008) y Campos (2008) permite sugerir que no existe una correlación positiva entre el gradiente altitudinal y la riqueza de lianas, encontrando la mayoría de los árboles libres de infestación de lianas y pocos individuos con lianas en ellos. Así la mayoría de los individuos registrados no presentan problema

con la infestación de lianas con DAP ≥ 10 cm. Existe una alta densidad de individuos sin lianas que estén apoyadas en ellos, solo una pequeña parte es susceptible a tener alguna deficiencia en el futuro o en defecto la muerte temprana del individuo afectado. Aunque la información del efecto negativo de las lianas sobre los árboles es insuficiente, son mas los efectos positivos de estos para los bosques, como por ejemplo estos sirven de protección contra erosión del suelo, muchos de sus frutos son comestibles para polinizadores (aves, mamíferos), pero es de presumir que especies o individuos con alto porcentaje de lianas, tienen mayores desventajas (Uslar *et al.* 2004).

Comparando los géneros representados, en fondo de valle, ladera media y alta, con *Oxandra*, *Anadenanthera*, *Acacia*, *Aspidosperma*, *Urera*, *Trichilia*, *Gallesia* y *Astronium* entre los géneros más representativos y comparándolos con los resultados de Cayola (2004), Paredes (2008) y Campos (2008) tenemos que la relación que presenta nuestros resultados con los anteriores, indican que los géneros representados en estos están registrados en nuestro estudio, no obstante su frecuencia y abundancia no son lo suficientemente representativas, lo cual agrega una razón para continuar con mayores estudios en estos bosques.

8.4. Análisis fitogeográfico en fondo de valle, ladera media y alta.

El análisis fitogeográfico mostró que la elevada proporción de especies del componente de bosque semideciduo es una pauta de la similaridad que existe con los bosques semidecuidos de la región chiquitana y que domina ampliamente, incluyendo elementos de amplia distribución en los bosques secos del Neotrópico, en particular del Brasileño-Paranense, lo que muestra que en el pasado probablemente estas regiones estuvieron conectadas con un mismo tipo de vegetación y poseían condiciones climáticas similares (Sarmiento 1975, Hernández 1992, Pennington *et al.* 2000). De acuerdo con Sarmiento (1975), es probable que en el pasado estos bosques interandinos se hayan constituido en un corredor que permitió la conexión con las zonas secas costeras de Ecuador y Perú.

En el grupo de las especies del bosque seco semideciduo en su mayoría son de distribución amplia del llamado arco pleistocénico de los bosques estacionales tropicales (Prado & Gibbs 1993, Prado 2000), siendo *Anadenanthera colubrina* la que caracteriza a la unidad fitogeográfica la cual se extiende desde el nor-este de Brasil, nor-oeste de la

Argentina y sur-oeste de Bolivia, también acompañada de *Astronium urundeuva*, *Amburana cearensis*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Opuntia brasiliensis* que entre otras tienen su óptimo de distribución en los bosques semidecíduos de la región Brasileño-Paranense (Navarro 2002, Cayola 2004, Fuentes 2005).

Según Fuentes (2005), también especies como *Lonchocarpus leucanthus*, *Thinouia mucronata* y *Holocalyx balansae*, típicas del bosque seco de Misiones (Argentina) tienen poblaciones disjuntas en el valle del río Tuichi, estas especies con áreas de distribución disjunta pueden servir en los análisis de las relaciones fitogeográficas y al mismo tiempo para estudiar la migración de las especies en el tiempo. Los elementos de bosque húmedo están constituidos por especies de amplia distribución en el Neotrópico con un óptimo en climas estacionales húmedos como es el caso de *Gallesia integrifolia*, *Swietenia macrophylla*, *Cariniana estrellensis* y *Cedrela fissilis*. Las especies del componente andino se encuentran registradas con distribución en los valles secos interandinos del centro y sur del país, es el caso de *Ruprechtia apetala* y *Capparis polyantha*, coincidiendo este resultado con lo expresado por Linares *et al.* (2003) en la diferenciación de los bosques secos de valles interandinos de la vertiente pacífica del Ecuador y Perú con los bosques secos del arco pleistocénico.

9. CONCLUSIONES

- La comparación florística de tres parcelas permanentes de muestreo, muestran que la parcela de ladera alta es la más diversa en especies y familias, la menos diversa es la parcela de fondo de valle.
- Los valores de similitud de Sørensen para la riqueza y número de especies muestran la máxima similitud entre las parcelas de ladera media y alta. La mínima similitud entre fondo de valle y ladera alta.
- El porcentaje de similitud (PS) para las tres parcelas fue alto compartiendo más del 65% de las especies entre las tres parcelas.
- La diversidad evaluada y comparada con otros estudios en sitios aledaños al nuestro, dentro de las inmediaciones del valle del Tuichi y en otros bosques semidecíduos del país, indican que tanto el clima, la altitud, latitud, variaciones topográficas, edáficas e incidencia antrópica son los factores determinantes en los cambios o similitudes que puedan tener.

- Las familias más ricas para las tres parcelas de muestreo son Fabaceae, Ulmaceae, Meliceae, Bombacaceae, Nyctaginaceae, Myrtaceae, Apocynaceae y Rubiaceae.
- Las especies más importantes en las tres parcelas de muestreo son: *Anadenanthera colubrina*, *Gallesia integrifolia*, *Acacia polyphylla*, *Oxandra espintana*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Acacia loretensis*, *Urera baccifera*, *Astronium urundeuva*, *Copaifera reticulata*, *Cariniana estrellensis*, *Siphoneugenia occidentales* y *Hymenaea courbaril*.
- Se registró una nueva especie de *Bauhinia* sp. para Bolivia
- *Anadenanthera colubrina* podría designarse como especie típica del bosque seco del Madidi, por su alto valor de importancia ecológica. Esta especie no ha sido registrada como la más importante en otras investigaciones en bosques secos semidecuidos más hacia el Sur–Este de Bolivia.
- Se encontraron 5 especies de lianas entre las más diversas están: *Acacia tenuifolia*, *Omphalea diandra* y *Forsteronia australis*. Se encontró la especie hemiepipítica *Ficus* subandina.
- La estructura horizontal y vertical del bosque seco de Yarimita muestra un distribución de “J” invertida, la misma que es típica de los bosques tropicales heterogéneos y maduros. Encontrando árboles de menor diámetro en mayor cantidad y árboles de mayor diámetro en menor número de individuos, por lo que la mayor riqueza de especies se encuentra en las clases diamétricas y altimétricas inferiores.
- El bosque seco del sector de Yarimita muestra una afinidad con los bosques semidecuidos de la provincia Brasileño-Paranense a pesar de su localización en la provincia de los Yungas Peruano-Bolivianos. Entre los factores que influyen en esta similitud se presentan los posibles eventos climatológicos pasados de los cuales quedaron relictos que en la actualidad se ven evidenciados como islas dentro de la región montañosa de los Andes y presencia de tierras bajas de transición a Amazonia y Chiquitanía.

RECOMENDACIONES

- Todo ecosistema es dependiente de factores bióticos por lo que es importante el estudio de agentes dispersores presentes en el bosque seco semidecidual de la Región Madidi, como mamíferos, aves e insectos polinizadores; de este modo se podría explicar mejor la distribución de las especies.
- Se recomienda continuar con el monitoreo de las parcelas instaladas para tener datos a largo plazo, lo que aumentara la confiabilidad de los resultados obtenidos, estos ayudaran a la realización de estudios sobre la dinámica de poblaciones y realizar modelos del comportamiento espacial de los parches de bosque seco.
- Desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos, los bosques secos de Bolivia constituyen un reservorio de carbono vegetal que es el segundo en importancia después de los bosques húmedos, por lo que se debería incrementar los inventarios que proporcionen datos de biomasa almacenada y carbono secuestrado por este tipo de bosque. Para luego proponer un valor monetario por servicios ambientales, en este caso, sumideros de carbono en bosques de Parques Nacionales, con énfasis en los bosques del Madidi.
- Una de las principales amenazas que sufren estos ecosistemas tan frágiles son los incendios, por lo que el poder desarrollar estudios para pre ver y controlar los serían de gran utilidad para su conservación.

LITERATURA CITADA

- AASANA 2002. Informe Técnico para el Madidi. Documento elaborado por el “Proyecto de Apoyo al Parque Nacional Madidi” con financiamiento de la Comunidad Europea. La Paz, Bolivia 15 p.
- Alder, D. & T.J. Synnott. 1992. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest. Oxford Forestry Institute. Oxford.
- Araujo-Murakami, A., L. Cayola, J. Uzquiano-E, C. Campos, S. Paredes, F. Zenteno-Ruiz & P.M. Jørgensen (en prensa) Composición florística de los bosques andinos semideciduals pluviales de Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Madidi, Bolivia (Manuscrito no publicado).
- Arroyo, L. 1995. Estructura y composición de una isla de bosque de galería en el Parque Nacional “Noel Kempff Mercado”. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, 55 p.

- Bach, K., M. Kessler & J. Gonzales. 1999. Caracterización preliminar de los bosques secos andinos de Bolivia en base a grupos indicadores botánicos. *Ecología en Bolivia* 32: 7–22.
- Balslev, H., J. Luteyn, B. Ollgaard & L.B. Holm–Nielsen, 1987. Composition and structure of adjacent unflooded and floodplain forest in Amazonian Ecuador. *Opera Botánica* 92: 37–57.
- Bascopé, F. 2004. Estructura y composición florística en parcelas permanentes de un bosque montano húmedo dentro del Parque Nacional Madidi. La Paz-Bolivia. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz. 54 p.
- Beck, S.G., T.J. Killeen & E. García. 1993. Vegetación de Bolivia. En: T.J. Killeen, E. García & S.G. Beck (Eds.). *Guía de Árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden. La Paz, Bolivia.
- Beck, S., E. García & F. S. Zenteno, 2002. Flora y vegetación del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Documento elaborado por el “Proyecto de Apoyo al Parque Nacional Madidi” con financiamiento de la Comunidad Europea. La Paz, Bolivia. En: CARE (ed.). *Madidi de Bolivia, mágico, único y nuestro*. CD ROM. CARE, La Paz.
- BOLFOR. 1999. Guía para la instalación y evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). Santa Cruz, Bolivia. 25–50 p.
- BOLFOR. 2000. Aprovechamiento forestal y conservación de los bosques Tropicales de Bolivia. 83 p.
- Boom, B. 1987. A forest inventory in Amazonian Bolivia. *Biotrópica* 18: 287–294.
- Bullock, S.H., H.A. Money & E. Medina (Eds.). 1995. *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.:450 p.
- Caballero, J. G., P. M. Jørgensen. 2004. Composición, estructura y riqueza florística de dos sitios en el bosque Tucumano-Boliviano, Chuquisaca, Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 2: 9–38
- Cabrera, C. H., 2004. Composición florística y estructura de la vegetación de un bosque montano húmedo de la región central del Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Tesis de Grado para obtener el título en Licenciatura en Biología. UMSA. 54–60 p.
- Cabrera-Condarco, H.W. 2005. Diversidad florística de un bosque montano en los Andes tropicales del noroeste de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, Vol. 40(3): 380–390.
- Calzadilla, M. 2004. estructura y composición de un bosque amazónico de pie de monte, PN-ANMI Madidi, La Paz, Bolivia. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal, Universidad Gabriel René Moreno, Sta Cruz. 55 p.

- Campbell, D.G., D.C. Daly, D.T. Prance & U.N. Maciel, 1986. Quantitative ecological inventory of terra firme and várzea tropical forest on the Rio Xingu, Brazilian Amazon, *Brittonia* 38: 369–393.
- Campbell, D.G., 1989. Quantitative inventory of tropical forest. pp. 524–533. En D.G. Campbell & H.D. Hammond (Eds.) *Floristic Inventory of tropical Countries*. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- Campos, C. 2008. *Composición Florística y Estructura del Bosque Seco semidecuido Preandino de Azariamas*. Parque Nacional Madidi, Bolivia. Tesis de Grado para obtener el título en Licenciatura en Biología. UMSA.
- Cayola, L. 2004. *Estructura y composición florística del bosque seco semidecuido andino en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi La Paz, Bolivia*. Tesis de Licenciatura en Agronomía, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. p. 78–79
- Centro de Investigaciones Fitosociológicas de Madrid (CIF). 1996. Datos climáticos y fichas bioclimáticas de Bolivia. Documento inédito, Centro de Investigaciones Fitosociológicas, Madrid. 91 p.
- Choque, D. 2007. *Composición florística y el uso tradicional de las especies de plantas leñosas en el bosque seco del PN y ANMI MADIDI*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz.
- Clark, D. 2002. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. pp. 193–220. En: Guariguata, M.R. & Kattan, G.H. 2002 (eds.) *Ecología y conservación de bosques Neotropicales*, Cartago: Ediciones LUR, Costa Rica
- Curtis, J & R. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Dallmeier, F. (Ed.). 1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots. *MAB Digest* 11. UNESCO, Paris.
- 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.
- De la Quintana, D. 2005. Diversidad florística y estructura de una parcela permanente en un bosque amazónico preandino del sector del Río Hondo, ANMI Madidi (La Paz, Bolivia). *Ecología en Bolivia*. Vol. 40(3): 418-442.
- de las Salas, G. 1987. *Suelos y ecosistemas forestales con énfasis en América tropical*. Primera edición. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 23-84 p.

- Elbers, J. 1995. Estudio de los suelos en la zona de colonización Alto Beni, La Paz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 25: 37–51.
- Ergueta, P. & H. Gómez. 1997. Directorio de Áreas Protegidas de Bolivia. Centro de Datos para la Conservación (CDC). La Paz, Bolivia.
- Espinoza, E. T. 2001. Cuantas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. Museo de Zoología. Departamento de Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias UNAM 63 p.
- EUROCONSULT.1999. Programa para el Ordenamiento Territorial de la Región Amazónica Boliviana en los Departamentos de la Paz, Beni y Cochabamba. Zonificación Agroecológica y Propuesta Técnica del Plan de Uso del Suelo de la Región Amazónica del Departamento de La Paz, Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Viceministerio de Planificación y ordenamiento Territorial. Bolivia. 172 p.
- FAO, 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. Roma, segunda edición, 70 p.
- FAO/CATIE. 2001. FRA 2000. Zonas ecológicas de América del Sur. Programa de evaluación de los recursos forestales. Documento de trabajo 44. Roma.
- Frahm, J. P. & S.R. Gradstein, 1991. An Altitudinal zonation of tropical rain forest using bryophytes. *Journal of Biogeography* 18: 669–678.
- Foster, R. B., J. Arce, T. S. Wachter. 1986. Dispersal and the sequential plant communities in Amazonian Peru floodplain. pp. 96–105. En: Estrada, A. & Fleming, T. H. (eds.) *Frugivores and seed dispersal*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Foster, R. & A. Gentry. 1991. A biological assessment of the Alto Madidi region and adjacent areas of NW-Bolivia. pp. 9–55. En: Parker T. & Bailey (Eds.), *RAP Working papers*. RAP-Conservation Internacional, Washington.
- Fredericksen, T. S. 2000. Comparative regeneration ecology of three leguminous timber species in a Bolivian tropical dry forest. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. *New Forest* 20: 45– 64
- Fuentes, A., A. Araujo, H. Cabrera, F. Canqui, L. Cayola, C. Maldonado & N. Paniagua. 2004. Estructura, composición y variabilidad del bosque subandino xérico en un sector del valle del río Tuichi, ANMI Madidi, La Paz (Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 15: 41–62.
- Fuentes, A. 2005. Una introducción a la vegetación de la región de Madidi. En: *Ecología en Bolivia*. Número especial. Vol 40(3): 1–31.
- García-Montiel, D. C. 2002. El legado de la actividad humana en los bosques neotropicales contemporáneos. pp. 97–117 En M. Guariguata & G. Kattan (Eds.) *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. EULAC-GTZ. Cartago, Costa Rica.

- Gentry, A. H. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology*. Hecht, Wallace and Prance, Plenum Publishing Corporation. 15: 1–84.
- Gentry, A. & C. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 74: 205–233.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals. Missouri Botanical Garden* 75:1–34.
- Gentry, A. H. & R. Ortiz. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonía Peruana. pp. 75–94. En: R. Kalliola, M. Puhakka & W. Danjoy (Eds.). *Amazonía Peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*.
- Gentry, A.H, 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forest. pp. 103–126. En: S.P. Churchurchill, H. Balslev, E. Forero, J.L. Luteyn (eds). *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- GEOBOL. 1985. Estudio integrado de los recursos naturales del Departamento de La Paz. Suelos. Centro de investigaciones y aplicaciones de sensores remotos. CIASER-GEOBOL.
- Graf, E. L. & Sayagués. 2000. Muestreo de la vegetación. Unidad de Sistemas Ambientales. Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica. 41 p.
- Guariguata, M.R. & Kattan, G.H. 2002. *Ecología y conservación de bosques Neotropicales*, Cartago: Ediciones LUR, Costa Rica. 629 p.
- Guillen, J. 1997. Composición florística y estructura de un bosque semideciduo en las inmediaciones del Parque Nacional “Noel Kempff Mercado”. Tesis de grado en Biología. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. p. 1–8.
- Hegarty, E. E. & G. Caballé. 1991. Distribución and abundance of vines in forest communities. pp. 313–363. En: Putz, F. E. & H. E. Mooney (Eds.). *The Biology of Vines*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Holbrook, N.M., J.L. Whitbeck & H.A. Mooney. 1995. Drought responses of Neotropical dry forest trees. In S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina (Eds.). *Seasonally dry forest*, pp. 243–246. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Hooghiemstra, H. Van der Hammen, T. & Cleef A. 2002. Paleocología de la flora boscosa. pp. 43–58. En M. Guariguata & G. Kattan (Eds.) *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. EULAC-GTZ. Cartago, Costa Rica.
- Hubbell, S.P. & R.B. Foster. 1986. Commonnes and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. pp. 205–231 en: M.E. Soulé (Ed.) *Conservation Biology. The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

- IAVH Instituto Alexander Von Humbolt. 1998. El Bosque Seco Tropical (BS-T) en Colombia. Programa de Inventario de la Biodiversidad. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA.
- Jaldín, A., T. Killeen & 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 saeco Chiquitano. Fundación Amigos de la Naturaleza Noel Kempf. Bolivia, Santa Cruz. 324 p.
- Janzen, R. 1988. Management of habitat fragments in a tropical dry forest: Growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 105–116.
- Josse C. & Balslev H. 1993. The composition and structure of a dry semideciduous forest in western Ecuador. *Nordic Journal of Botany* 14: 425–435.
- Kattan, G. H. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. pp. 561–569. En: Guariguata, M.R. & Kattan, G.H. 2002. (eds.) *Ecología y conservación de bosques Neotropicales*, Cartago: Ediciones LUR, Costa Rica.
- Kessler, M. Bach, K. Helme, N. Beck, St. & Gonzalez, J. 1998. Floristic diversity of Andean dry forest in Bolivia. pp. 45– 62. In: S. W. Breckle, B. Schweizer & U. Arndt (Eds.). *the A.F.W Schimper-Foundation est. by H. and E. Walter*, Hohenheim, October 1998. Verlag Gunter Heimbach. Stuttgart.
- Kessler, M. & Helme, N. 1999. Diversidad florística y fitogeográfica del valle central del Rio Tuichi, una localidad aislada de bosque seco en los Andes bolivianos. *Candollea* 54: 341– 366.
- Kessler, M. & S.G. Beck. 2001. Bolivia. pp. 581–622. En: M. Kappelle & A.D. Brown (eds) *Bosques Nublados del Neotrópico*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), San José.
- Killeen, T.J., E.García, & S.G. Beck (eds). 1993. *Guía de árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia & Missouri Botanical Garden, La Paz. 958 p.
- Killeen, T.J., A. Jaldín, N. Rojas & P. Saravia. 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 uso de especies arbóreas. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. GTZ. Republica Federal de Alemania. (S. ed.). 335 p.
- Leigh E. & Egbert G. 1990. Introducción: ¿Porqué hay tantos tipos de árboles tropicales?. pp. 125–156. En: E. Leigh, S. Rand & D. Windsor (eds.). *Ecología de un bosque tropical, ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Smithsonian Tropical Research Institute. Balboa, Republica de Panamá.
- Linares, P., R. T. Penninngton & Bridgewater. 2003. The phytogeography of the seasonally dry tropical forests in Equatorial Pacific South America. *Candollea* 58: 473–499.

- López, R.P. 2003. Phytogeographical relations of the Andean dry valleys of Bolivia. *Journal of Biogeography*. 30: 1659–1668.
- Lowe, R. C. & Walker P. 1977. Classification of canopy, stem, crown status and climber infestation in natural tropical forest in Nigeria, *Journal of Applied Ecology*, 14(3): 897–903.
- Loza, I. 2008. Relación entre la composición florística con factores edáficos en un bosque montano pluviestacional húmedo. PNANMI Madidi. La Paz Bolivia. Tesis de Grado para obtener el título en Licenciatura en Biología. UMSA.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- Matteucci, D.C. & A. Colma. 1982. Metodología para el Estudio de la vegetación de Serie de biología N° 22. Secretaria General de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico Washintong DC EE UU pp. 22, 23, 39-42.
- Montes de Oca, 1997. *Geografía y recursos naturales de Bolivia*. 3^{ra} edición. EDOBOL. La Paz. 614 p.
- Morales, C.B. 1995. *Caminos de Cotapata*. Instituto de Ecología / Fund-Eco / FONAMA-EIA, La Paz, 174 p.
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M5T-Manuales y Tesis SEA, Vol 1. Zaragoza, 84 p.
- Mostacedo, B., J.C. Herrera & T.S. Fredericksen. 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia, 87 p.
- Mostacedo, B., J.C., Justiniano, J. Toledo, M. & Fredericksen, T. 2001. *Guía dendrológica de especies forestales de Boliva*. BOLFOR, Santa Cruz. 215 p.
- Müller, R., S.G. Beck, & R. Lara. 2002. Vegetación potencial de los bosques de Yungas en Bolivia, basado en datos Climáticos. *Ecología en Bolivia* 37: 5–14.
- Murphy, P. G. & A. E. Lugo, 1986 a. *Ecology of Tropical Dry Forest*. *Biotropica* 17: 67–68
- Murphy, P. G. & A. E. Lugo, 1986 b. *Structure and Biomasa of a subtropical dry forest in Puerto Rico*. *Biotropica* 18: 89–96
- Navarro, G. 1997. Contribución a la Ecología y Florística de los Bosques de Bolivia. *Revista de Ecología y conservación Ambiental*. 2: 3–38
- Navarro, G. 2002. Vegetación y Unidades Biogeográficas de Bolivia. p. 2–491. En: Navarro, G. & Maldonado, M (eds.) *Geografía Ecológica de Bolivia: Vegetación y*

Ambientes acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño – Departamento de Difusión. Cochabamba, Bolivia.

- Navarro, G. & Ferreira, W. 2004. Zonas de Vegetación Potencial de Bolivia: Una Base para el Análisis de Vacíos de Conservación. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 15: 1–40.
- Odum, E.P. 1983. *Ecología*, editorial Interamericana. 3ra edición. México. 159 p.
- Paredes, S. 2008. Estructura y Composición Florística de un Bosque Subandino en el Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Madidi, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz.
- Parker, T. & B. Bailey. 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., D.E. Prado & C.A. Pendry. 2000. Neotropical seasonally dry forest and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261–273.
- Peters, C. M. 1996. The ecology and management of non-timber forest resources. World Bank Technical Paper Number 322. Washington, D.C.
- Phillips, O. & J.S. Miller. 2002. Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. Monograph in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 89: i-xvi, 1–319.
- PIAF – El CEIBO LTDA. 2000. Guía de especies forestales de Alto Beni. Sapecho 191p.
- Pitman, N. 2000. A large scale inventory of two Amazonian tree communities. Duke University, Durham. p. 134-185.
- Prado, D. E. 1991. A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America, PhD. thesis. Duke University.
- Prado, D. E. & Gibbs, P.E. 1993. Patterns of species distribution in the dry seasonal forest of South America. *Annals Missouri Botanical Garden* 80: 902–927.
- Prado, D.E. 2000. Seasonally dry forest of tropical south America: From forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. Edinburgh. *Journal of Botany* 57(3): 437–461.
- Quisbert, J. & M. Macía. 2005. Estudio comparativo de la composición florística y estructura del bosque de tierra firme en dos sitios de tierras bajas de Madidi. *Ecología en Bolivia*, Vol. 40(3): 339–364.
- Remsen, J.V. & T.A. Parker. 1995. Bolivia has the opportunity to create the planet's richest park for territorial biota. *Bird-Conservation Internacional* 5: 181-199.
- Ribera, M.O., Liberman, M., Beck S.G. & Moraes, M. 1996. Vegetación en Bolivia. pp. 169–222. En: K. Mihotek (ed.). *Comunidades, Territorios Indígenas y*

Biodiversidad en Bolivia. Centro de Investigación y Manejo de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz.

- Rivas—Martínez, S. & G. Navarro. 2002. Mapa Biogeográfico de América del Sur. pp. 42-43. En: G. Navarro & M. Maldonado (eds) Geografía Ecológica de Bolivia: Vegetación y Ambientes Acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño—Departamento de Difusión, Cochabamba.
- Romero-Saltos, H. & Valencia, M. 2001. Patrones de diversidad, distribución y rareza de plantas leñosas en el Parque Nacional Yasuní y la Reserva Étnica Huaorani, Amazonia ecuatoriana. pp.131-176. En Evaluación de Recursos Vegetales no maderables en la Amazonía noroccidental. Por Duivenvoorden J, Balslev H, Cavelier J, Grandez C, Tuomisto H, & R Valencia (Eds.). Comisión Europea Investigación Desarrollo Tecnológico y Desarrollo INCO-DC Ámsterdam
- Rozzi, R., P. Feinsinger, F. Massardo, & R. Primack, 2001. II. ¿Qué es la diversidad biológica?. pp 59—94. En R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo & F. Massardo (eds.) Fundamentos de Conservación Biológica Perspectivas Latinoamericanas. Edición adaptada de la obra Essentials of Conservation Biology de R. Primack. D.R. 2001 Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Saldias, M. 1991. Inventario de árboles en el bosque alto del Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 17: 31—46.
- Sarmiento, G. 1975. The dry plant formations of South America and their floristic connections. *Journal of Biogeography* 2: 233—251.
- Scatena, F. N. 2002. El bosque neotropical desde una perspectiva jerárquica, pp. 23— 39. En M. Guariguata & G. Catan (Eds.) *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. EULAC-GTZ. Cartago, Costa Rica.
- Seidel, R 1995. Inventario de los árboles de tres parcelas de bosque primario en las Serranías de Marimonos, Alto Beni. *Ecología en Bolivia* 25: 1—25
- SERNAP, 2000. Información técnica del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP) La Paz- Bolivia.
- SERNAP, 2001. Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Servicio Nacional de Áreas Protegidas. La Paz, Bolivia. 218 p.
- SERNAP, 2002. Información técnica del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP) La Paz- Bolivia. 125 p.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 68—88.
- Smith, D. & T. Killeen. 1998. A comparison of the structure and composition of montane and lowland tropical forest in the Serrania Pílon Lajas, Beni, Bolivia. pp. 687—706. En: F. Dallmeier & J.A. Comiskey (eds.). *Forest Biodiversity in North, Central and South America and Caribbean: Research and Monitoring*. Parthenon Publisher, Paris.

- Smith, L. R. & T.M. Smith. 2001. "Ecología. 4^o edición. Ediciones Addison y Wesley, Madrid. 304—313 p.
- Sørensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Biologiske Skrifter. Denmark Bind (5):4*.
- Suárez, R. 2001. Mapa geológico de Bolivia Servicio Nacional de Geología y Minería & Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, La Paz.
- Torrez, V. 2008. Estructura y patrones de diversidad vegetal de leñosas en relación a la topografía y variables edáficas en un sector de bosque seco semidecidual subandino (Río San Juan, PN-ANMI Madidi). La Paz Bolivia. Tesis de Grado para obtener el título en Licenciatura en Biología. UMSA. 175 p.
- Uslar, Y. V., Mostacedo, B. & Saldías M. 2004. Composición, estructura y dinámica de un bosque semidecidual en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 39 (1): 25— 43.
- Uzquiano E. G. & Teisseire, J.M. 2000. El oro de la provincia metalogénica de las cordilleras de Apolobamba y real. Excalibur Holdings S.A. 19 p.
- Vargas, I. 1996. Estructura y composición florística de cuatro sitios en el "Parque Nacional Amboró", Santa Cruz, Bolivia. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agronómica, Universidad Gabriel René moreno, Santa Cruz. 78 p.
- Whittaker R.J., M.B. Bush, T. Partomihardjo, N.M. Asquith, & K. Richards. 1992 Aspects of plant colonization of the Krakatau Islands. En: M. R. Guariguata, G. H. Catan (eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Costa Rica Ed. Tecnológica de Costa Rica p. 329—345.
- Young, K. R. 1991. Floristic diversity on the eastern slopes of the Peruvian Andes. *Candollea* 46: 125—143.
- Zenteno F.S. (en prep.). Estructura y composición florística del bosque seco andino en Resina. (datos no publicados).

ANEXOS

ANEXO 2

Lista de especies encontradas en las PPM de un bosque seco subandino, ANMI Madidi.

Especie	Familia	Abundancia	%	Testigo
<i>Acacia lorentensis</i> J.F. Macbr.	Fabaceae	50	3,03	JRU 67
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabaceae	36	2,18	JRU 15
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	Fabaceae	10	0,61	JRU 75
<i>Achatocarpus praecox</i> Griseb.	Achatocarpaceae	15	0,91	JRU 98
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	Rubiaceae	1	0,06	JRU 157
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	Sapindaceae	1	0,06	JRU 95
<i>Amburana cearensis</i> (Allemao) A.C. Sm.	Fabaceae	6	0,36	JRU 134
<i>Ampelocera ruizii</i> Klotzsch	Ulmaceae	2	0,12	JRU 23
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	129	7,83	JRU 18
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	45	2,73	JRU 58
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Apocynaceae	33	2,00	JRU 122
<i>Astronium urundeuva</i> (Allemao) Engl.	Anacardiaceae	67	4,07	JRU 72
<i>Bauhinia</i> vel sp. nov.	Fabaceae	1	0,06	JRU 153
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	Myrtaceae	7	0,42	JRU 94
<i>Bougainvillea modesta</i> Heimerl	Nyctaginaceae	8	0,49	JRU 32
<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg	Moraceae	1	0,06	JRU 146
<i>Bunchosia</i> Kunth	Malpighiaceae	2	0,12	JRU 136
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	9	0,55	JRU 120
<i>Calypttranthes bipennis</i> O. Berg	Myrtaceae	6	0,36	JRU 137
<i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz & Pav.	Myrtaceae	3	0,18	JRU 44
<i>Capparis coimbrana</i> X. Cornejo & H.H. Iltis	Capparaceae	36	2,18	JRU 69
<i>Capparis polyantha</i> Triana & Planch.	Capparaceae	10	0,61	JRU 69
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	26	1,58	JRU 116
<i>Cariniana ianeirensis</i> R. Knuth	Lecythidaceae	3	0,18	JRU 51
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Flacourtiaceae	45	2,73	JRU 21
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	1	0,06	JRU 124
<i>Ceiba boliviana</i> Britten & Baker f.	Bombacaceae	12	0,73	JRU 68
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	Bombacaceae	8	0,49	JRU 30
<i>Celtis loxensis</i> C.C. Berg	Ulmaceae	11	0,67	JRU 43
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	Sapotaceae	1	0,06	JRU 39
<i>Coccoloba cordata</i> Cham.	Polygonaceae	24	1,46	JRU 50
<i>Coccoloba peruviana</i> Lindau	Polygonaceae	4	0,24	JRU 159
<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	Fabaceae	58	3,52	JRU 76
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.	Rubiaceae	1	0,06	JRU 142
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Sapindaceae	1	0,06	JRU 162
<i>Erythroxylum subrotundum</i> A. St.-Hil.	Erythroxylaceae	3	0,18	JRU 77
<i>Eugenia</i> L.	Myrtaceae	1	0,06	JRU 100
<i>Eugenia ligustrina</i> (Sw.) Willd.	Myrtaceae	1	0,06	JRU 104
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	8	0,49	JRU 102
<i>Ficus</i> L.	Moraceae	1	0,06	JRU 47
<i>Ficus subandina</i> Dugand	Moraceae	4	0,24	JRU 91
<i>Ferdinandusa chlorantha</i> (Wedd.) Standl.	Rubiaceae	33	2,00	JRU 66
<i>Forsteronia australis</i> Müll. Arg. In Mart.	Apocynaceae	2	0,12	JRU 148
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Phytolaccaceae	68	4,13	JRU 13
<i>Guettarda polaina</i> Müll. Arg.	Rubiaceae	1	0,06	JRU 96

<i>Heisteria nitida</i> Spruce ex Engler	Olacaceae	3	0,18	JRU 147
<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae	1	0,06	JRU 48
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	30	1,82	JRU 110
<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	Rubiaceae	10	0,61	JRU 14
<i>Kielmeyera paniculata</i> Rusby	Clusiaceae	2	0,12	JRU 155
<i>Lonchocarpus</i> Kunth	Fabaceae	8	0,49	JRU 139
<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart	Fabaceae	1	0,06	JRU 31
<i>Luehea splendens</i> Rusby	Tiliaceae	3	0,18	JRU 22
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Fabaceae	5	0,30	JRU 109
<i>Machaerium pilosum</i> Benth.	Fabaceae	8	0,49	JRU 80
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	Fabaceae	44	2,67	JRU 34
<i>Maytenus cardenasii</i> Rusby	Celastraceae	6	0,36	JRU 73
<i>Myrcianthes pseudomato</i> O. Berg	Myrtaceae	8	0,49	JRU 145
<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg.	Myrtaceae	2	0,12	JRU 143
<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	Fabaceae	37	2,25	JRU 26
<i>Myrsine latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Myrsinaceae	1	0,06	JRU 156
<i>Neea bangii</i> Rusby	Nyctaginaceae	3	0,18	JRU 36
<i>Neea spruceana</i> Heimerl	Nyctaginaceae	4	0,24	JRU 52
<i>Ocotea bofo</i> Kunth	Lauraceae	50	3,03	JRU 112
<i>Omphalea diandra</i> L.	Euphorbiaceae	4	0,24	JRU 27
<i>Opuntia brasiliensis</i> (Willd.) Haw.	Cactaceae	26	1,58	JRU 61
<i>Oxandra espintana</i> (Spruce ex Benth.) Baill.	Annonaceae	259	15,72	JRU 40
<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M. Johnst.	Euphorbiaceae	3	0,18	JRU 56
<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (J. Poiss.) Taub.	Ulmaceae	39	2,37	JRU 25
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	Fabaceae	9	0,55	JRU 86
<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	Fabaceae	15	0,91	JRU 125
<i>Platymiscium pubescens</i> subsp. <i>fragrans</i> (Rusby) Klitgaard	Fabaceae	3	0,18	JRU 41
<i>Pogonopus tubulosus</i> (A. Rich.) K. Schum.	Rubiaceae	1	0,06	JRU 96
<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand	Bombacaceae	14	0,85	JRU 29
<i>Pterocarpus</i> Kunth	Fabaceae	9	0,55	JRU 82
<i>Pterygota amazonica</i> L.O. Williams ex Dorr	Sterculiaceae	7	0,42	JRU 140
<i>Rheedia brasiliensis</i> (Mart.) Planch. & Triana	Clusiaceae	2	0,12	JRU 155
<i>Ruprechtia apetala</i> Wedd.	Polygonaceae	2	0,12	JRU 78
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	7	0,42	JRU 16
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Anacardiaceae	7	0,42	JRU 74
<i>Siphoneugenia occidentales</i> D. Legrand	Myrtaceae	56	3,40	JRU 107
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	Fabaceae	10	0,61	JRU 38
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Bignoniaceae	1	0,06	JRU 141
<i>Tabernaemontana cymosa</i> Jacq.	Apocynaceae	4	0,24	JRU 79
<i>Trichilia clauseni</i> C. DC.	Meliaceae	9	0,55	JRU 20
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	Meliaceae	35	2,12	JRU 35
<i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.) C. DC.	Meliaceae	28	1,70	JRU 11
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae	77	4,67	JRU 60

87 especies	32 familias	1648	100	
--------------------	--------------------	-------------	------------	--

ANEXO 3

Lista de familias presentes en las PPM de un bosque seco subandino, ANMI Madidi.

Familia	Abundancia	%
Fabaceae	469	28,46
Annonaceae	259	15,72
Myrtaceae	92	5,58
Apocynaceae	84	5,10
Urticaceae	77	4,67
Anacardiaceae	74	4,49
Meliaceae	73	4,43
Phytolaccaceae	68	4,13
Ulmaceae	52	3,16
Lauraceae	50	3,03
Rubiaceae	47	2,85
Capparaceae	46	2,79
Flacourtiaceae	45	2,73
Bombacaceae	34	2,06
Polygonaceae	30	1,82
Lecythidaceae	29	1,76
Cactaceae	26	1,58
Achatocarpaceae	15	0,91
Nyctaginaceae	15	0,91
Malpighiaceae	11	0,67
Sapindaceae	9	0,55
Euphorbiaceae	8	0,49
Sterculiaceae	7	0,42
Celastraceae	6	0,36
Moraceae	6	0,36
Clusiaceae	4	0,24
Erythroxylaceae	3	0,18
Olacaceae	3	0,18
Tiliaceae	3	0,18
Bignoniaceae	1	0,06
Myrsinaceae	1	0,06
Sapotaceae	1	0,06
32 familias	1648	100

ANEXO 4

Calculo del Valor de Importancia para las especies encontradas en la parcela de fondo de valle de un bosque seco subandino del ANMI Madidi.

Familias	Especies	Abundancia	Dominancia m ² /ha	Frecuencia	Abundancia relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	IVI %
Achatocarpaceae	<i>Achatocarpus praecox</i> Griseb.	8	0,10	7	1,86	0,31	2,82	1,67
Annonaceae	<i>Oxandra espintana</i> (Spruce ex Benth.) Baill.	40	0,77	17	9,30	2,51	6,85	6,22
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	1	0,26	1	0,23	0,84	0,40	0,49
Bombacaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	7	2,17	5	1,63	7,11	2,02	3,58
	<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand	1	0,03	1	0,23	0,08	0,40	0,24
Cactaceae	<i>Opuntia brasiliensis</i> (Willd.) Haw.	8	0,08	8	1,86	0,26	3,23	1,78
Capparaceae	<i>Capparis coimbrana</i> X. Cornejo & H.H. Iltis	29	0,65	14	6,74	2,13	5,65	4,84
Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.	1	0,15	1	0,23	0,48	0,40	0,37
	<i>Omphalea diandra</i> L.	4	0,09	3	0,93	0,30	1,21	0,81
Fabaceae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	36	0,89	20	8,37	2,90	8,06	6,45
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	52	14,75	23	12,09	48,31	9,27	23,23
	<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart	1	0,03	1	0,23	0,09	0,40	0,24
	<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	15	0,38	8	3,49	1,24	3,23	2,65
	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	22	1,16	14	5,12	3,81	5,65	4,86
	<i>Platymiscium pubescens</i> subsp. <i>fragrans</i> (Rusby) Klitgaard	1	0,10	1	0,23	0,32	0,40	0,32
	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	5	0,07	5	1,16	0,23	2,02	1,13
Flacourtiaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	11	0,14	8	2,56	0,46	3,23	2,08
Lecythidaceae	<i>Cariniana ianeirensis</i> R. Kunth	3	0,38	3	0,70	1,23	1,21	1,05
Meliaceae	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	7	0,08	6	1,63	0,27	2,42	1,44
	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	5	0,05	4	1,16	0,17	1,61	0,98
	<i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.) C. DC.	3	0,06	2	0,70	0,19	0,81	0,56
Moraceae	<i>Ficus</i> L.	1	0,01	1	0,23	0,04	0,40	0,22
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	2	0,02	2	0,47	0,06	0,81	0,44
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea modesta</i> Heimerl	8	0,46	7	1,86	1,51	2,82	2,06
	<i>Neea spruceana</i> Heimerl	2	0,02	2	0,47	0,08	0,81	0,45
Olacaceae	<i>Heisteria nitida</i> Engl.	1	0,01	1	0,23	0,05	0,40	0,23
Phytolaccaceae	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	55	4,61	21	12,79	15,10	8,47	12,12
Polygonaceae	<i>Coccoloba cordata</i> Cham.	2	0,02	2	0,47	0,06	0,81	0,44
Rubiaceae	<i>Ferdinandusa chlorantha</i> (Benth.)	25	0,61	15	5,81	1,99	6,05	4,62
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	5	0,32	4	1,16	1,03	1,61	1,27
	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	1	0,03	1	0,23	0,10	0,40	0,24
Tiliaceae	<i>Luehea splendens</i> Rusby	3	0,09	3	0,70	0,28	1,21	0,73
Ulmaceae	<i>Ampelocera ruizii</i> Klotzsch	1	0,01	1	0,23	0,03	0,40	0,22
	<i>Celtis loxensis</i> C.C. Berg	9	0,81	7	2,09	2,65	2,82	2,52
	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (J. Poiss.) Taub.	33	0,82	17	7,67	2,69	6,85	5,74
Urticaceae	<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	22	0,33	12	5,12	1,10	4,84	3,68
Total		430	30,5	248	100	100	100	100

ANEXO 5

Calculo del Valor de Importancia para las especies encontradas en la parcela de ladera media de un bosque seco subandino del ANMI Madidi.

Familias	especies	Abundancia	Dominancia m ² /ha	Frecuencia	Abundancia relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	IVI %
Achatocarpaceae	<i>Achatocarpus praecox</i> Griseb.	7	0,09	4	1,14	0,37	1,67	1,06
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i> (Allemao) Engl.	3	0,47	2	0,49	2,04	0,84	1,12
	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	1	0,45	1	0,16	1,93	0,42	0,84
Annonaceae	<i>Oxandra espintana</i> (Spruce ex Benth.) Baill.	216	3,41	21	35,18	14,77	8,79	19,58
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	27	2,52	14	4,40	10,94	5,86	7,07
	<i>Tabernaemontana cymosa</i> Jacq.	1	0,01	1	0,16	0,04	0,42	0,21
Bombacaceae	<i>Ceiba boliviana</i> Britten & Baker f.	9	0,16	7	1,47	0,71	2,93	1,70
	<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand	12	1,11	9	1,95	4,82	3,77	3,51
Cactaceae	<i>Opuntia brasiliensis</i> (Willd.) Haw.	11	0,13	6	1,79	0,56	2,51	1,62
Capparaceae	<i>Capparis coimbrana</i> X. Cornejo & H.H. Iltis	4	0,08	2	0,65	0,35	0,84	0,61
	<i>Capparis polyantha</i> Triana & Planch.	10	0,19	5	1,63	0,82	2,09	1,51
Celastraceae	<i>Maytenus cardenasii</i> Rusby	5	0,07	3	0,81	0,29	1,26	0,79
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum subrotundum</i> A. St.-Hil.	3	0,03	2	0,49	0,13	0,84	0,49
Euphorbiaceae	<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M. Johnst.	3	0,08	2	0,49	0,33	0,84	0,55
Fabaceae	<i>Acacia lorentensis</i> J.F. Macbr.	42	1,04	15	6,84	4,52	6,28	5,88
	<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.	10	0,14	6	1,63	0,61	2,51	1,58
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	28	5,29	14	4,56	22,91	5,86	11,11
	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	9	0,44	9	1,47	1,92	3,77	2,38
	<i>Machaerium pilosum</i> Benth.	3	0,08	3	0,49	0,36	1,26	0,70
	<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	29	1,53	13	4,72	6,63	5,44	5,60
	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	14	0,54	11	2,28	2,33	4,60	3,07
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	9	0,13	4	1,47	0,58	1,67	1,24
	<i>Platymiscium pubescens</i> subsp. <i>fragrans</i> (Rusby) Klitgaard	2	0,02	2	0,33	0,08	0,84	0,42
	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	3	0,05	2	0,49	0,22	0,84	0,51
Flacourtiaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	8	0,21	4	1,30	0,90	1,67	1,29
Meliaceae	<i>Trichilia claussenii</i> C. DC.	1	0,01	1	0,16	0,04	0,42	0,21
	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	28	0,34	15	4,56	1,46	6,28	4,10
Moraceae	<i>Ficus subandina</i> Dugand	1	0,02	1	0,16	0,09	0,42	0,22
Myrtaceae	<i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz & Pav.	3	0,17	3	0,49	0,72	1,26	0,82
	<i>Eugenia</i> L.	8	0,13	4	1,30	0,55	1,67	1,17
	<i>Eugenia ligustrina</i> (Sw.) Willd.	1	0,01	1	0,16	0,03	0,42	0,21
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	4	0,11	2	0,65	0,47	0,84	0,65
Nyctaginaceae	<i>Neea spruceana</i> Heimerl	2	0,02	2	0,33	0,10	0,84	0,42
Phytolaccaceae	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	13	1,94	9	2,12	8,40	3,77	4,76
Polygonaceae	<i>Coccoloba cordata</i> Cham.	22	0,29	7	3,58	1,27	2,93	2,59
	<i>Ruprechtia apetala</i> Wedd.	2	0,05	1	0,33	0,23	0,42	0,32
Rubiaceae	<i>Guettarda pohliana</i> Müll. Arg.	1	0,01	1	0,16	0,06	0,42	0,21
	<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	4	0,08	4	0,65	0,36	1,67	0,90

	<i>Pogonopus tubulosus</i> (A. Rich.) K. Schum.	1	0,01	1	0,16	0,05	0,42	0,21
	<i>Ferdinandusa chlorantha</i> (Benth.)	1	0,02	1	0,16	0,07	0,42	0,22
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	1	0,01	1	0,16	0,03	0,42	0,21
Ulmaceae	<i>Celtis loxensis</i> C.C. Berg	2	0,11	2	0,33	0,47	0,84	0,54
	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (J. Poiss.) Taub.	6	0,80	5	0,98	3,48	2,09	2,18
Urticaceae	<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	44	0,69	16	7,17	2,98	6,69	5,61
Total		614	23,1	239	100	100	100	100

ANEXO 6

Calculo del Valor de Importancia para las especies encontradas en la parcela de ladera alta de un bosque seco subandino del ANMI Madidi.

Familias	Especies	Abundancia	Dominancia m ² /ha	Frecuencia	Abundancia relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	IVI %
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i> (Allemao) Engl.	64	5,13	18	10,60	17,19	5,70	11,16
	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	6	1,36	5	0,99	4,56	1,58	2,38
Annonaceae	<i>Oxandra espihana</i> (Spruce ex Benth.) Baill.	3	0,04	3	0,50	0,13	0,95	0,53
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	17	0,30	11	2,81	1,02	3,48	2,44
	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	33	1,62	10	5,46	5,43	3,16	4,68
	<i>Forsteronia australis</i> Müll. Arg. In Mart.	2	0,02	2	0,33	0,06	0,63	0,34
	<i>Tabernaemontana cymosa</i> Jacq.	3	0,11	2	0,50	0,36	0,63	0,50
Bignonaceae	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	1	0,01	1	0,17	0,04	0,32	0,17
Bombacaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	1	0,85	1	0,17	2,87	0,32	1,12
	<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand	5	0,11	4	0,83	0,38	1,27	0,83
Cactaceae	<i>Opuntia brasiliensis</i> (Willd.) Haw.	7	0,40	5	1,16	1,35	1,58	1,36
Capparaceae	<i>Capparis coimbrana</i> X. Cornejo & H.H. Iltis	3	0,12	2	0,50	0,41	0,63	0,51
Celastraceae	<i>Maytenus cardenasii</i> Rugby	1	0,01	1	0,17	0,03	0,32	0,17
Clusiaceae	<i>Kielmeyera paniculata</i> Rugby	2	0,04	2	0,33	0,14	0,63	0,37
	<i>Rheedia brasiliensis</i> (Mart.) Planch. & Triana	2	0,02	1	0,33	0,07	0,32	0,24
Fabaceae	<i>Acacia lorentensis</i> J.F. Macbr.	8	0,10	6	1,32	0,32	1,90	1,18
	<i>Amburana cearensis</i> (Allemao) A.C. Sm.	6	0,07	4	0,99	0,24	1,27	0,83
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	49	6,19	21	8,11	20,77	6,65	11,84
	<i>Bauhinia</i> vel sp. nov	1	0,01	1	0,17	0,03	0,32	0,17
	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	49	2,18	18	8,11	7,32	5,70	7,04
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	30	1,84	18	4,97	6,16	5,70	5,61
	<i>Lonchocarpus</i> Kunth	8	0,67	5	1,32	2,26	1,58	1,72
	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	5	0,17	5	0,83	0,56	1,58	0,99
	<i>Machaerium pilosum</i> Benth.	5	0,07	5	0,83	0,24	1,58	0,88
	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	1	0,04	1	0,17	0,15	0,32	0,21
	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	15	0,50	10	2,48	1,68	3,16	2,44
	<i>Pterocarpus</i> Jacq.	9	0,54	7	1,49	1,80	2,22	1,84

	<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	2	0,16	2	0,33	0,54	0,63	0,50
Flacourtiaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	25	0,50	11	4,14	1,68	3,48	3,10
Lauraceae	<i>Ocotea bofo</i> Kunth	50	0,73	18	8,28	2,46	5,70	5,48
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	26	2,57	15	4,30	8,63	4,75	5,89
Malpighiaceae	<i>Bunchosia</i> Kunth	2	0,03	2	0,33	0,08	0,63	0,35
	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	9	0,28	7	1,49	0,95	2,22	1,55
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	1	0,04	1	0,17	0,15	0,32	0,21
	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	1	0,02	1	0,17	0,06	0,32	0,18
	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	2	0,02	2	0,33	0,07	0,63	0,34
	<i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.) C. DC.	25	0,62	13	4,14	2,08	4,11	3,44
Moraceae	<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg	1	0,01	1	0,17	0,04	0,32	0,18
	<i>Ficus subandina</i> Dugand	3	0,07	2	0,50	0,24	0,63	0,46
Myrsinaceae	<i>Myrsine latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	1	0,01	1	0,17	0,04	0,32	0,17
Myrtaceae	<i>Calyptanthes bipennis</i> O. Berg	6	0,09	5	0,99	0,30	1,58	0,96
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	2	0,03	2	0,33	0,08	0,63	0,35
	<i>Myrcianthes pseudomato</i> (D. Legrand) McVaugh	8	0,08	8	1,32	0,27	2,53	1,38
	<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd. O. Berg)	2	0,02	2	0,33	0,05	0,63	0,34
	<i>Siphoneugena occidentalis</i> D. Legrand	56	0,85	17	9,27	2,84	5,38	5,83
Nyctaginaceae	<i>Neea bangii</i> Rugby	3	0,04	3	0,50	0,15	0,95	0,53
Olacaceae	<i>Heisteria nitida</i> Engl.	2	0,03	2	0,33	0,10	0,63	0,35
Polygonaceae	<i>Coccoloba peruviana</i> Lindau	4	0,05	1	0,66	0,15	0,32	0,38
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	1	0,08	1	0,17	0,28	0,32	0,25
	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.	1	0,04	1	0,17	0,13	0,32	0,20
	<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	6	0,20	5	0,99	0,68	1,58	1,08
	<i>Ferdinandusa chlorantha</i> (Benth.)	7	0,11	6	1,16	0,38	1,90	1,15
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	1	0,06	1	0,17	0,19	0,32	0,22
	<i>Sapindus saponaria</i> L.	2	0,09	2	0,33	0,30	0,63	0,42
Sterculiaceae	<i>Pterygota amazonica</i> L.O. Williams ex Dorr	7	0,13	6	1,16	0,42	1,90	1,16
Ulmaceae	<i>Ampelocera ruizii</i> Klotzsch	1	0,17	1	0,17	0,58	0,32	0,35
Urticaceae	<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	11	0,15	8	1,82	0,52	2,53	1,62
Total		604	29,8	316	100	100	100	100

ANEXO 7

Especies exclusivas para las tres parcelas (fondo de valle FV, ladera media LM y ladera alta LA) de un bosque seco subandino del ANMI Madidi.

ESPECIE	FV	LM	LA
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	36		
<i>Acacia tenuifolia</i> (L.) Willd.		10	
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.			1
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.		1	
<i>Amburana cearensis</i> (Allemao) A.C. Sm.			6
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.			33
<i>Bauhinia</i> vel sp. nov			1
<i>Bougainvillea modesta</i> Heimerl	8		
<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C.C. Berg			1
<i>Bunchosia</i> Kunth			2

<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth		9
<i>Calyptanthes bipennis</i> O. Berg		6
<i>Campomanesia lineatifolia</i> Ruiz & Pav.	3	
<i>Capparis polyantha</i> Triana & Planch.	10	
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze		26
<i>Cariniana ianeirensis</i> R. Kunth	3	
<i>Ceiba boliviana</i> Britten & Baker f.	9	
<i>Coccoloba peruviana</i> Lindau		4
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.		1
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	1	
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.		1
<i>Erythroxylum subrotundum</i> A. St.-Hil.	3	
<i>Eugenia</i> L.	8	
<i>Eugenia ligustrina</i> (Sw.) Willd.	1	
<i>Ficus</i> L.	1	
<i>Forsteronia australis</i> Müll. Arg. In Mart.		2
<i>Guettarda pohliana</i> Müll. Arg.	1	
<i>Hura crepitans</i> L.	1	
<i>Hymenaea courbaril</i> L.		30
<i>Lonchocarpus</i> Kunth		8
<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart	1	
<i>Luehea splendens</i> Rusby	3	
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel		5
<i>Myrcianthes pseudomato</i> (D. Legrand) McVaugh		8
<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd. O. Berg)		2
<i>Myrsine latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.		1
<i>Neea bangii</i> Rusby		3
<i>Ocotea bofo</i> Kunth		50
<i>Omphalea diandra</i> L.	4	
<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M. Johnst.	3	
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	9	
<i>Pogonopus tubulosus</i> (A. Rich.) K. Schum.	1	
<i>Pterocarpus</i> Jacq.		9
<i>Pterygota amazonica</i> L.O. Williams ex Dorr		7
<i>Rheedia brasiliensis</i> (Mart.) Planch. & Triana		2
<i>Ruprechtia apetala</i> Wedd.	2	
<i>Siphoneugena occidentalis</i> D. Legrand		56
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson		1

ANEXO 8

Especies compartidas para las tres parcelas (fondo de valle FV, ladera media LM y ladera alta LA) de un bosque seco subandino del ANMI Madidi.

Especies	FV	LM	LA
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	52	28	49
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	1	27	17
<i>Capparis coimbrana</i> X. Cornejo & H.H. Iltis	29	4	3
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	11	8	25
<i>Eugenia uniflora</i> L.	2	4	2
<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	22	14	1
<i>Opuntia brasiliensis</i> (Willd.) Haw.	8	11	7
<i>Oxandra espintana</i> (Spruce ex Benth.) Baill.	40	216	3
<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand	1	12	5
<i>Ferdinandusa chlorantha</i> (Benth.)	25	1	7
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	5	3	2
<i>Trichilia claussenii</i> C. DC.	7	1	1
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	5	28	2
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	22	44	11

ANEXO 9

Afinidades fitogeográficas preliminares de un bosque seco subandino en el sector de Yarimita en base a zonas de vegetación propuestas por Pennington et al. (2000), Prado & Gibbs (1993), Navarro (2002), Navarro & Ferreira (2004) y Fuentes (2005).

Unidades biogeográficas	Yungas peruano-bolivianos	Amazónico	Formación Boliviano-Tucumana	Brasileño-Paranense	
	Subunidades biogeográficas	Bosque pluviestacional subandino	Bosque húmedo de tierras bajas	Valles secos interandinos	Bosques semidecuidos

Especie					
<i>Acacia loretensis</i>		X			
<i>Acacia polyphylla</i>		X			
<i>Allophylus edulis</i>				X	
<i>Amburana cearensis</i>				X	
<i>Anadenanthera colubrina</i>				X	
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	X				
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	X				
<i>Astronium urundeuva</i>				X	

<i>Bauhinia</i> vel sp. nov				X	X
<i>Bougainvillea modesta</i>	X				
<i>Capparis coimbrana</i>			X		
<i>Capparis speciosa</i>			X		
<i>Cariniana estrellensis</i>		X			
<i>Cariniana ianeirensis</i>				X	
<i>Casearia gossypiosperma</i>	X				
<i>Cedrela fissilis</i>		X			
<i>Copaifera reticulata</i>		X			
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>		X			
<i>Chrysophyllum</i> vel sp. nov				X	X
<i>Eugenia uniflora</i>			X		
<i>Gallesia integrifolia</i>		X			
<i>Guettarda pohliana</i>		X			
<i>Holocalyx balansae</i>				X	
<i>Hura crepitans</i>		X			
<i>Hymenaea courbaril</i>				X	
<i>Lonchocarpus leucanthus</i>				X	
<i>Myroxylon balsamum</i>		X			
<i>Opuntia brasiliensis</i>				X	
<i>Pachystroma longifolium</i>	X				
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>				X	
<i>Pouteria longifolia</i>				X	X
<i>Rheedia brasiliensis</i>		X			
<i>Ruprechtia apetala</i>			X		
<i>Sapindus saponaria</i>				X	
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	X				
<i>Sweetia fruticosa</i>	X				
<i>Tabebuia serratifolia</i>			X		
<i>Trichilia clausenii</i>			X		
<i>Trichilia elegans</i>				X	

ANEXO 10

Análisis de suelos efectuados en las tres PPM a una profundidad de 40 cm, donde se muestran sus características químicas y físicas de la localidad de Yarimita (FV es fondo de valle; L ladera media; C ladera alta; CIC capacidad de intercambio catiónico; Y arcilla; F franco; FY franco arcilloso; FA franco arenoso; L limoso). Fuente: Laboratorio de calidad ambiental LCA, Instituto de Ecología (2005)

Parámetro	Método	Unidad	PPM I (FV)			PPM II (LM)			PPM III (LA)		
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8	Muestra 9
pH acuoso	ISRIC 4		5,2	6,6	6,2	4,4	7,3	7,3	7,4	6,5	5,6
Conductividad eléctrica	ASPT 6	μS/cm	174	259	153	127	339	419	453	190	159
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0,39	0,66	0,54	0,6	0,95	0,19	0,19	0,48	0,6
Carbón Orgánico	WSP S-9,10	%	5,7	5,34	5,05	5,08	7,87	11,19	9,41	3,77	4,93
Materia Orgánica	WSP S-9,10	%	9,8	9,18	8,68	8,73	13,53	19,25	16,18	6,49	8,48
Fósforo disponible	ISRIC 14-2	mg/kg	6,3	22	7,1	7,9	45	28	36	18	1,6
Sodio intercambiable	WSP S-5.10	cmol _c /kg	0,214	0,041	0,039	0,033	0,023	0,021	0,027	0,024	0,02
Potasio intercambiable	WSP S-5.10	cmol _c /kg	1,071	0,432	0,67	0,651	0,848	0,652	0,515	0,67	0,332
Calcio intercambiable	WSP S-5.10	cmol _c /kg	6,2	24,6	15,3	4,3	35,5	42	41,7	15,1	15,5
Magnesio intercambiable	WSP S-5.10	cmol _c /kg	6,503	4,301	4,562	2,15	5,148	5,909	5,569	4,273	4,569
Acidez intercambiable	ISRIC 11	cmol _c /kg	0,8	0,2	0,2	1,7	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
CIC	ISRIC 11	cmol _c /kg	14,788	29,574	20,771	8,834	41,719	48,882	48,111	20,267	20,621
Textura											
Arena	DIN 18 123	%	19	46	43	42	64	68	69	51	52
Limo	DIN 18 123	%	31	29	24	64	20	24	23	24	23
Arcilla	DIN 18 123	%	50	25	33	33	16	8	8	25	25
Clase textural (FAO)	DIN 18 123		Y	F	FY	FY	FA	FA	FA	FY, L	FY, A