

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**COMPOSICION, ESTRUCTURA Y BIOMASA DEL BOSQUE  
SEMIDECIDUO ANDINO DEL VALLE DEL RIO SAN JUAN,  
PARQUE NACIONAL MADIDI**

**SANDRA ROXANA PAREDES SALINAS**

**2008**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**COMPOSICION, ESTRUCTURA Y BIOMASA DEL BOSQUE SEMIDECIDUO  
ANDINO DEL VALLE DEL RIO SAN JUAN, PARQUE NACIONAL MADIDI**

Tesis de Grado presentado como  
requisito parcial para optar el Titulo  
de Ingeniera Agrónoma

**SANDRA ROXANA PAREDES SALINAS**

**TUTOR:**

**Ing. Alejandro Araujo Murakami** .....

**ASESOR:**

**M. Sc. Félix Rojas Ponce** .....

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

**Ph. D. Abul Kalam Kurban** .....

**Ing. Wilfredo Lizarro Flores** .....

**M. Sc. Ramiro Mendoza Nogales** .....

**APROBADA**

**PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR** .....

*Al Parque Nacional Madidi; a papá y mamá...*



## AGRADECIMIENTOS

Doy las gracias a la vida, por la buena suerte que he tenido, porque felizmente hasta este día tuve facilidades, medios y la tranquilidad para lograrlo...

Es así que agradezco al Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, apoyado por el Missouri Botanical Garden (MO), en especial al Dr. Peter Jørgensen, Lic. Alfredo Fuentes, Ing. Forst. Alejandro Araujo Murakami e Ing. Leslie Cayola por haberme dado la oportunidad y apoyo en la realización de este trabajo de investigación. Del mismo modo agradezco a los pacientes guías de campo: Guzman Cuevas, Remberto Cuevas y Lisandro Molina, que realizaron uno de los trabajos más importantes para el comienzo de este tema de investigación. A toda la familia del Herbario Nacional de Bolivia (HNB), que en estos dos años llegaron a formar parte de mi diario vivir, en especial a la Lic. Renate Seidel, por darme las primeras pautas para la elaboración de mi perfil de tesis.

A mis padres Lic. Elier Manuel Paredes Quintanilla, mi madre Fany Hortensia Salinas de Paredes, mi hermana Isabel Mariela Paredes Salinas y mi pequeña luz, lo mas bello y pequeño... Juan Pablo Montaña Paredes, y a toda mi familia, a ellos por darme apoyo, fuerza y comprensión cuando mas lo necesitaba. AL M. Sc. Félix Rojas Ponce mi asesor, Ing. Wilfredo Lizarro, Ph. D. Abul Kalam Kabul e Ing. Ramiro Mendoza Nogales mis revisores, por las sugerencias para culminar este trabajo de investigación; al Ph. D. David Cruz Choque y al Ing. Juan Pablo Schultze por su colaboración.

A lo más bonito que es la amistad de los años de universidad...Julio, Elvis, Germán, Felipe, Jeyson, Edgar, Raul, Daniel, Álvaro (Yayo), Álvaro (Chato), Carmen, Alejandra, Fernando, Marco Antonio, Winsor, Víctor, David, Miroslava, Roberto, Darío, entre otros amiguillos; y los años de transición a una vida profesional...Ángel, Jorge, Coni, Vanía, Daniel, Mónica, Javier, Tatiana, Anita, Neftali, Isabel, Maritza, Ana María, Carla, Gisela, Ninel, Claudia, Francisco, Zen, Edwin, Abraham, Freddy...y a todas esas personas que estuvieron y están junto a mi.

## INDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	i
<b>INDICE DE TABLAS</b>	iv
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	ix
<b>RESUMEN</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. OBJETIVOS</b>	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
<b>3. REVISION BIBLIOGRÁFICA</b>	4
3.1. Pisos ecológicos y características generales de las regiones biogeográficas de Bolivia	4
3.2. Descripción de las principales características de los bosques secos semidecuidos	7
3.3. Bosques secos semidecuidos de Bolivia	9
3.4. Bosques secos en el Parque Nacional Madidi	11
3.5. Composición y estructura	12
3.6. Diversidad biológica	14
3.7. Estimación de biomasa en bosques	15
3.8. Bosques como sumideros de CO <sub>2</sub>	16
<b>4. LOCALIZACION</b>	18
4.1. Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Madidi	18
4.2. Ubicación geográfica	19
4.3. Características bioclimáticas	20
4.4. Geología y geomorfología	21
4.5. Hidrografía	22
4.6. Vegetación	22
4.7. Suelos	24
<b>5. MATERIALES Y METODO</b>	27
5.1. Materiales	27
5.1.2. Materiales de gabinete	27
5.2. Método	28
5.2.1. Diseño de muestreo	28
5.2.2. Instalación de las Parcelas Permanentes de muestreo (PPMs)	29
5.2.2. Recolección de información de campo	32
5.2.3. Recolección, procesamiento de datos e identificación de especímenes	39
5.3. Análisis de la diversidad y la composición florística	41
5.3.1. Densidad o abundancia	42

5.3.2. Abundancia relativa	43
5.3.3. Frecuencia absoluta	43
5.3.4. Frecuencia relativa	43
5.3.5. Dominancia absoluta	44
5.3.6. Área basal relativa o dominancia relativa	45
5.3.7. Diversidad familiar	45
5.3.8. Índices de valor de importancia ecológica	46
5.3.8.1. Índice de valor de importancia ecológica (IVI)	46
5.3.8.2. Índice de Valor de Importancia por Familia (IVIF)	46
5.4. Determinación de la estructura florística y biomasa almacenada	47
5.4.1. Diagramas de perfil	47
5.4.2. Estimación de la biomasa almacenada	48
5.4.3. Diversidad beta y afinidades florísticas entre sitios (Índice de similaridad)	49
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>51</b>
6.1. Diversidad florística y variables dasométricas en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	51
6.2. Composición florística y estructura en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	53
6.2.1. Composición florística y estructura en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	53
6.2.1.1 Importancia ecológica por familias en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	53
6.2.1.2. Importancia ecológica por especie en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	55
6.2.1.3. Estructura horizontal en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	60
6.2.1.4. Estructura vertical en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	62
6.2.1.5. Posición y forma de copa en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	63
6.2.1.6. Infestación por bejucos en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	65
6.2.2. Composición florística y estructura de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	66
6.2.2.1 Importancia ecológica por familia de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	66
6.2.2.2. Importancia ecológica por especie de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	68
6.2.2.3. Estructura horizontal de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	74
6.2.2.4. Estructura vertical de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	75
6.2.2.5. Posición y forma de copa de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	76

6.2.2.6. Infestación por bejucos de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	77
6.2.3. Composición florística y estructura de cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	78
6.2.3.1. Importancia ecológica por familia de cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	78
6.2.3.2. Importancia ecológica por especie de cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	80
6.2.3.3. Estructura horizontal en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	84
6.2.3.4. Estructura vertical en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	86
6.2.3.5. Posición y forma de copa en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	87
6.2.3.6. Infestación por bejucos en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	88
6.3. Cambios de la diversidad, composición, variables dasométricas con el gradiente altitudinal y/o diversidad beta del bosque semideciduo andino del sector de San Juan	90
6.3.1 Relación de la diversidad, composición, variables dasométricas con el gradiente altitudinal del bosque semideciduo andino del sector de San Juan	90
6.3.2 Diversidad beta (Índice de Sørensen 1948) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	96
6.4. Biomasa y carbono almacenado en las parcelas de fondo de valle, ladera y cima del bosque semideciduo andino del sector de San Juan	100
6.4.1. Biomasa y carbono almacenado en la parcela de fondo de valle del bosque semideciduo andino del sector de San Juan	100
6.4.2. Biomasa y carbono almacenado en la parcela de ladera del bosque semideciduo andino del sector de San Juan	101
6.4.3. Biomasa y carbono almacenado la parcela de cima del bosque semideciduo andino del sector de San Juan	102
<b>7. DISCUSIÓN</b>	103
7.1. Riqueza, diversidad florística y variables dasométricas en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	103
7.2. Composición, estructura florística, importancia ecológica en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	108
7.2.1. Composición florística e importancia ecológica en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	108
7.2.2 Estructura florística en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	113
7.2.3. Biomasa almacenada en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	119

<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	121
8.1. Conclusiones	121
8.2. Recomendaciones	122
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b>	124



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Definición y delimitación de los pisos ecológicos de Bolivia. Fuente: Datos extraídos de Navarro y Maldonado, 2002.	5
Tabla 2.	Análisis de suelos efectuados en las tres PPMs a una profundidad de 40 cm, donde se muestran sus características químicas y físicas de la localidad de San Juan (FV es fondo de valle; L ladera; C cima). Fuente: Laboratorio de Suelos de Calidad Ambiental (2005)	25
Tabla 3.	Clasificación de formaciones boscosas heterogéneas y/o homogéneas. Fuente: Lamprecht, 1990	44
Tabla 4.	Descripción detallada de los resultados de PPMs en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	53
Tabla 5.	Importancia ecológica de familias (IVF) y sus componentes en la parcela de fondo de valle (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual, IVF: Índice de Valor por Familia) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	54
Tabla 6.	Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en la parcela en fondo de valle (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	56
Tabla 7.	Importancia ecológica por familia (IVF) y sus componentes en la parcela de ladera (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	67
Tabla 8.	Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes de ladera (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	69
Tabla 9.	Importancia ecológica por familia (IVF) y sus componentes de cima (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en serranía en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	79
Tabla 10.	Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en cima (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	81
Tabla 11.	Distribución de familias y especies de lianas y hemiepifitos según el gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	92
Tabla 12.	Valores de Similitud de Sørensen (1948), riqueza y número de especies compartidas de tres sitios evaluados en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	97
Tabla 13.	Comparación de la diversidad y variables dasométricas con otros estudios en el bosque seco del Parque Madidi con igual metodología (FV fondo de valle; L ladera; C cima)	105
Tabla 14.	Comparación del presente estudio en relación a otros estudios en la Región Brasileño-Paranense y Región Andina.	107

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. a)	Mapa biogeográfico del Bolivia donde (1) es la Región Amazónica, (2) Región Brasileño-Paranense, (3) Región Chaqueña y (4) Región Andina. Fuente: Navarro y Maldonado, 2002	6
Figura 1. b)	Yungas Peruano-Bolivianos, el círculo rojo nos muestra la el Sector Biogeográfico de los Yungas del Beni, el círculo azul nos muestra el Sector Biogeográfico de los Yungas de Ichilo (Fuente: Navarro y Maldonado, 2002). Fuente: Navarro y Maldonado, 2002.	6
Figura 2.	Perfil topográfico desde la cordillera Real de La Paz hasta la localidad de Yucumo (Sector Biogeográfico de los Yungas de la cuenca del río Beni), mostrando las principales formaciones pisos bio-climáticos. Fuente: Modificado de Navarro y Maldonado, 2002.	7
Figura 3.	Efecto de “sombra de lluvias”, la cantidad de lluvia que cae en las laderas a barlovento contrastan con las de sotavento (Beard, 1949). Fuente: Wadsworth, 2000.	9
Figura 4. a)	Vista parcial del bosque seco en inmediaciones a la localidad de Azariamas Parque Nacional Madidi en época de lluvias (Octubre a Marzo). Fuente: Proyecto Madidi, 2005.	12
Figura 4. b)	Vista parcial del bosque seco del Parque Nacional Madidi en época seca, donde se observa una gran mayoría de especies defoliadas (Abril a Septiembre). Fuente: Proyecto Madidi, 2005.	12
Figura 5.	Mapa de ubicación del área de estudio en el Parque Nacional Madidi. Fuente: Modificado del Centro de Análisis Espacial CAE – Instituto de Ecología, 2002.	20
Figura 6.	Climadiagrama de la región de Apolo. Fuente: Navarro, 1999.	21
Figura 7.	Vista de la posición que debe tener la brújula al momento de comenzar a instalar la parcela permanente de muestreo. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).	30
Figura 8.	Jalón con cinta anaranjada y tubo PVC. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).	30
Figura 9.	Croquis de la instalación de una Parcela Permanente de Muestreo (PPMs). Fuente: Elaboración propia.	31
Figura 10.	Corrección de la distancia entre los puntos en terreno con pendiente Fuente: Elaboración propia.	31
Figura 11. a) y b)	Medición del DAP a 1.30 cm del suelo de los individuos $\geq 10$ cm. Plaqueteado de los individuos con números correlativos a 20 cm por encima del punto de medición del DAP. Fuente: Proyecto Madidi (2005).	33
Figura 12.	Medición de diámetro en casos normales y casos especiales. Fuente: BOLFOR, 1999.	34

Figura 13. a) y b)	Numeración de cada subparcela de la PPM y b) Subparcela como plano cartesiano donde se ubica a cada individuo como un punto según las coordenadas X-Y. Fuente: Elaboración propia.	35
Figura 14.	Toma de datos de altura total y fuste de cada individuo censado. Fuente: Proyecto Madidi, 2005.	36
Figura 15.	Posición de copa según categorías de Dawkins (1958). Fuente: BOLFOR, 1999.	37
Figura 16.	Forma de copa según categorías de Dawkins (1958). Fuente: BOLFOR, 1999.	38
Figura 17.	Diagrama del grado de infestación por bejucos. Fuente: BOLFOR, 2000.	39
Figura 18.	Proceso de secado de las especies colectadas en campo. Fuente: Proyecto Inventario florístico de la Región Madidi (2005).	40
Figura 19.	Curva de acumulación de especies. Fuente: Espinoza, 2002.	42
Figura 20.	Curva de crecimiento de una planta. Fuente: Milz. 2001.	49
Figura 21.	Curva área-especie de fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	51
Figura 22.	Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVF) en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	55
Figura 23.	Diagrama de frecuencias absolutas en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	57
Figura 24.	Especies con mayor peso ecológico dentro la parcela en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).	58
Figura 25.	Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVI), de 15 especies más importantes presentes en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	59
Figura 26.	Distribución dentro de la parcela de fondo de valle de <i>Oxandra espintana</i> , <i>Gallesia integrifolia</i> , <i>Pentaplaris davithsmitii</i> y <i>Ceiba speciosa</i> .	60
Figura 27.	Distribución de clases diamétricas, nº de individuos, área basal y biomasa almacenada en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	61
Figura 28.	Distribución de clases altimétricas y nº de individuos en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	63
Figura 29.	Número de árboles por categoría forma de copa en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	64
Figura 30.	Número de árboles por categoría de posición de copa en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	64

Figura 31.	Infestación por bejucos según las categorías propuestas por Lowe y Walker (1977) en individuos en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	65
Figura 32.	Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVF), de 15 familias más importantes presentes de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan	68
Figura 33.	Diagrama de frecuencias absolutas de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	70
Figura 34.	Especies con mayor peso ecológico dentro de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).	71
Figura 35.	Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVI), de 15 especies presentes de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	72
Figura 36.	Dispersión dentro de la parcela de ladera de <i>Oxandra espintana</i> , <i>Phyllostylon rahmnoides</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> y <i>Gallesia integrifolia</i> .	73
Figura 37.	Distribución de clases diamétricas, N° de individuos, área basal y biomasa de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	75
Figura 38.	Distribución de clases altimétricas y N° de individuos de ladera en serranía en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	76
Figura 39.	Número de árboles por categoría de posición de copa de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	77
Figura 40.	Número de árboles por categoría forma de copa de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	77
Figura 41.	Infestación por bejucos según las categorías propuestas por Lowe y Walker (1977) en los individuos de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	78
Figura 42.	Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVF), de 15 familias presentes en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	80
Figura 43.	Diagrama de frecuencias absolutas en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	82
Figura 44.	<i>Myroxylon balsamum</i> , especie con mayor peso ecológico en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	82
Figura 45.	Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por especie (IVI), de 15 especies presentes en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	83

Figura 46.	Dispersión dentro de la parcela de cima de <i>Myroxylon balsamum</i> , <i>Oxandra espintana</i> , <i>Schinopsis brasiliensis</i> y <i>Myrcia fallax</i> .	84
Figura 47.	Distribución de clases diamétricas, n° de individuos, área basal y biomasa almacenada en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	86
Figura 48.	Distribución de clases altimétricas, n° de individuos en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	87
Figura 49.	Número de árboles por categoría de posición de copa en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	88
Figura 50.	Número de árboles por categoría forma de copa en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	88
Figura 51.	Infestación por bejucos según las categorías propuestas por Lowe y Walker (1977) en individuos en cima en serranía en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	89
Figura 52.	Diversidad en relación al gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	90
Figura 53.	Estructura florística en relación al gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	91
Figura 54.	Número de especies de las familias <i>Fabaceae</i> , <i>Myrtaceae</i> , <i>Meliaceae</i> , <i>Sapotaceae</i> , <i>Bignoniaceae</i> , <i>Rubiaceae</i> , <i>Lauraceae</i> y <i>Apocynaceae</i> en relación al gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	93
Figura 55.	Número de individuos que presentaron las familias <i>Fabaceae</i> , <i>Myrtaceae</i> , <i>Meliaceae</i> , <i>Sapotaceae</i> , <i>Bignoniaceae</i> , <i>Rubiaceae</i> , <i>Lauraceae</i> y <i>Apocynaceae</i> en relación al gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	94
Figura 56.	Número de especies de las familias <i>Moraceae</i> , <i>Euphorbiaceae</i> y <i>Ulmaceae</i> en relación al gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	95
Figura 57.	Número de individuos que presentaron las familias <i>Moraceae</i> , <i>Euphorbiaceae</i> y <i>Ulmaceae</i> en relación al gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.	96
Figura 58.	<i>Swietenia macrophylla</i> y <i>Syagrus sancona</i> , especies exclusivas de las parcela de fondo de valle y cima. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).	98
Figura 59.	Especies incluidas en las tres parcelas de muestreo. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).	98
Figura 60.	Especies incluidas en las tres parcelas de muestreo. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).	99

Figura 61.	Distribución de la biomasa y carbono almacenado de la totalidad de árboles muestreados en fondo de valle del bosque semidecúo andino del sector de San Juan.	100
Figura 62.	Distribución de la biomasa y carbono almacenado de la totalidad de árboles muestreados en ladera del bosque semidecúo andino del sector de San Juan.	101
Figura 63.	Distribución de la biomasa y carbono almacenado de la totalidad de árboles muestreados en cima del bosque semidecúo andino del sector de San Juan.	102

## INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Planilla de campo
- Anexo 2. Descripción de las categorías de los datos fenológicos, posición de copa, forma de copa e infestación por bejucos
- Anexo 3. Lista de familias presentes en las parcelas de muestreo en orden filogenético (Killeen, 1993)
- Anexo 4. Densidad maderable de las especies presentes en las tres parcelas de San Juan utilizadas para la evaluación de biomasa almacenada (Chaves , 2005 y Brown 1997)
- Anexo 5. Lista de especies registradas en la parcela permanente de fondo de valle. Calculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) y del índice de Valor de Importancia Familiar (IVF).
- Anexo 6. Lista de especies registradas en la parcela permanente de ladera. Calculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) y del índice de Valor de Importancia Familiar (IVF).
- Anexo 7. Lista de especies registradas en la parcela permanente de cima. Calculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) y del índice de Valor de Importancia Familiar (IVF).
- Anexo 8. Tabla de especies exclusivas de las parcelas de fondo de valle, ladera y cima

## RESUMEN

En este trabajo se considero el análisis de la composición, estructura y biomasa de un bosque semidecíduo ubicado en el valle del río San Juan, uno de los ríos afluentes a la cuenca del río Tuichi, en el Parque Nacional Madidi. Se realizaron censos de vegetación dentro de parcelas permanentes de muestreo de 1 ha de superficie cruzando un gradiente altitudinal de 850 (fondo de valle), 935 (ladera) y 1.050 (cima) msnm, evaluando a los individuos  $\geq 10$  cm de DAP, donde se calculó la abundancia, frecuencia, dominancia, índices de valor de importancia por especie y por familia. Los resultados indican que se identificaron un total de 2.192 individuos pertenecientes a 38 familias, 105 géneros y 146 especies.

*Gallesia integrifolia*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Machaerium scleroxylon* presentaron mayor importancia en las tres parcelas de muestreo, gracias a su abundancia, frecuencia y dominancia según el análisis estadístico, pero no exclusividad, como *Oxandra espiñana* que podría designarse como característica del bosque seco del Parque Madidi, por su ausencia en otras investigaciones en bosques secos semidecíduos bolivianos. En las parcelas estudiadas, la mayor diversidad y riqueza es de la familia *Fabaceae*, seguidas por otras, como *Meliaceae*, *Moraceae*, *Sapindaceae*, *Myrtaceae* y *Sapotaceae* que van presentándose según el incremento en altitud. La presencia de *Lauraceae* en cima indicaría mayor humedad en el ambiente, atribuyéndose una faja de transición (ecotono) de bosque montano seco a bosque montano húmedo.

La diversidad evaluada y comparada con otras investigaciones en sitios aledaños al nuestro, dentro las inmediaciones del Parque Madidi y en otros bosques semidecíduos del país, indican que tanto la altitud, latitud, situación topográfica y eventos climatológicos pasados son los factores determinantes en los cambios o similitudes que puedan tener.

La estructura florística indica que se trata de un bosque con tres estratos, sin intervención antrópica por presentar una distribución de “j” invertida. En el dosel



están presentes especies como *Gallesia integrifolia*, *Hura crepitans*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Amburana cearensis*, *Tabebuia impetiginosa*, *T. ochraceae*, *Amburana cearensis*, *Brosimum gaudichaudii*, *Cariniana estrellensis*, *Myroxylon balsamun* y *Schinopsis brasiliensis*.

El estrato medio es dominado por especies como *Oxandra espintana*, *Trichilia pleeana*, *T. catigua*, *T. maynesiana* *T. elegans*, *Pentaplaris davidsmithii*, *Actinostemon concolor*, *Chrysophyllum vel sp. nov*, *Acacia polyphylla*, *Sweetia fruticosa*, *Capparis polyantha*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Ixora brevifolia*, *Nectandra megapotamica*, y *Myroxylon balsamun*; y el estrato inferior por *Urera caracasana*, *Swietenia macrophylla*, *Ruprechtia laxiflora*, *Piper amalago*, *Ocotea bofo*, *Randia armata*, *Cordia alliodora*, *Guetarda viburnoides*, *Myrcia fallax*, *Ruprechtia apetala*, *Urera baccifera*, *Neea bangui* y *Sorocea guilleminiana*, *Inga ingoides*, *Inga marginata*, *Capparis coimbrana*, *Roupala montana*. Según el gradiente altitudinal la estructura se caracteriza por el incremento tanto en diversidad y riqueza de lianas y un hemiepifito. Mientras que el área basal mantiene una relativa constancia entre 35.47 m<sup>2</sup>/ha en fondo de valle, 32.11 m<sup>2</sup>/ha en ladera y 28.20 m<sup>2</sup>/ha en cima.

Para estimar la biomasa almacenada en este bosque se utilizó el método propuesto por Chave *et al.* (2005), formula alométrica con la siguiente forma:  $AGBest = (\rho * \exp(-1.239 + 1.980 \ln(D) + 0.027(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3)) / 1000$ ; con la cual se logró estimar un total de 295.11 tn/ha para fondo de valle, 293.10 tn/ha en ladera y 270.04 tn/ha en cima.

Según los resultados obtenidos, *Gallesia integrifolia*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Machaerium scleroxylon*, *Anadenanthera colubrina* y *Oxandra espintana* presentaron mayor importancia ecológica, siendo la última catalogada como posible especie exclusiva, característica del bosque seco del Parque Nacional Madidi, mientras que las primeras y otras especies incluidas entre familias *Fabaceae*, *Meliaceae*, *Sapindaceae*, *Myrtaceae* y *Sapotaceae* muestran afinidad con la flora de otros

bosques semidecíduos bolivianos de la Provincia Boliviano–Tucumano y del Cerrado atribuyéndose esta similitud a factores como la altitud, latitud y situación topográfica.

Por su parte los resultados obtenidos de la biomasa y carbono almacenado en el sitio evaluado, muestran coherencia con los ya establecidos para este tipo de bosque semidecíduo, lo que hace que el bosque de San Juan del Parque Nacional Madidi sea un sumidero de carbono potencial.

## ABSTRACT

In this work was considered the composition, structure and biomass analysis for a semi deciduous forest in the San Juan River valley, one of the affluent rivers of the Tuichi Basin, in the Madidi National Park. Vegetation census were made in three permanent plots of 1 ha each, through an altitude gradient from 850 (valley bottom), 935 (slope) and 1050 (mountain top) meters over sea level, evaluating individuals with a DBH  $\geq$  10 cm, where the abundance, frequency, dominance, and importance value for specie and family was calculated. A total of 2.192 individuals belonging to 38 families, 105 genera and 146 species were identified.

*Gallesia integrifolia*, *Phyllostylon rhamnoides* and *Machaerium scleroxylon* presented more importance in the 3 plots, because its abundance, frequency and dominance by the statistic analysis, but are not exclusive, as *Oxandra espintana* that is characteristic of the Madidi Dry Forest, for its lack in other investigations in Bolivian semi deciduous dry forests. In the studied plots, the most important family is *Fabaceae*, followed by *Meliaceae*, *Moraceae*, *Sapindaceae*, *Myrtaceae* and *Sapotaceae* that increases with the altitude. The presence of *Lauraceae* in the top shows more ambient humidity, attributing to the transition (ecotone) between montane dry forests to montane humid forest.

The diversity, evaluated and compared with other investigations in near sites, inside the Madidi National Park and other semi deciduous forest in the country, shows that altitude, latitude, topographic situation and past climatologic events are the determinant factors in changes or similitude they can have.

The floristic structure shows a forest with three layers, without antropic intervention to display a distribution of inverted “j”. In the canopy are presented species like *Gallesia integrifolia*, *Hura crepitans*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Amburana cearensis*, *Tabebuia impetiginosa*, *T. ochraceae*, *Amburana cearensis*, *Brosimum gaudichaudii*, *Cariniana estrellensis*, *Myroxylon balsamum* and *Schinopsis brasiliensis*.

The middle layer is dominated by species like *Oxandra espintana*, *Trichilia pleeana*, *T. catigua*, *T. maynesiana*, *T. elegans*, *Pentaplaris davidsmithii*, *Actinostemon concolor*, *Chrysophyllum vel sp. nov.*, *Acacia polyphylla*, *Sweetia fruticosa*, *Capparis polyantha*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Ixora brevifolia*, *Nectandra megapotamica*, and *Myroxylon balsamum*; and the lower layer by *Urera caracasana*, *Swietenia macrophylla*, *Ruprechtia laxiflora*, *Piper amalago*, *Ocotea bofo*, *Randia armata*, *Cordia alliodora*, *Guetarda viburnoides*, *Myrcia fallax*, *Ruprechtia apetala*, *Urera baccifera*, *Neea bangii*, *Sorocea guilleminiana*, *Inga ingoides*, *I. marginata*, *Capparis coimbrana* and *Roupala montana*. By the altitude gradient, the structure characterizes by the increment in diversity and liana richness and a hemi-epiphyte. The basal area maintains a relative constancy between 35.47m<sup>2</sup>/ha in the bottom valley, 32.11 m<sup>2</sup>/ha in the slope and 28.20 m<sup>2</sup>/ha in the mountain top.

To estimate the biomass stored in the forest, the Chave *et al.* (2005) proposal was used, with the allometric in the followed form:  $= AGB_{est} = (\rho * \exp(-1.239 + 1.980 \ln(D) + 0.027(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3)) / 1000$ ; with a grand total of 295.11 tn/ha for the bottom valley, 293.10 tn/ha in the slope and 270.04 tn/ha in the mountain top.

With the obtained results, *Gallesia integrifolia*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Machaerium scleroxylon*, *Anadenanthera colubrina* and *Oxandra espintana* presented more ecological importance, being the last one catalogued as possible exclusive specie, characteristic of the Madidi National Park dry forest, meanwhile the firsts and other species in the *Fabaceae*, *Meliaceae*, *Sapindaceae*, *Myrtaceae* and *Sapotaceae* families show affinity with other Bolivian semi-deciduous forest in the Bolivian - Tucuman and Cerrado province, attributed to factors like altitude, latitude and topographic situation.

The results obtained by the biomass and carbon stored in the evaluated site, show coherence with the pre-established for this type of semi-deciduous forest. It makes the forest in San Juan in the Madidi National Park a carbon drain.



## 1. INTRODUCCIÓN

Bolivia con una extensión de 1.098.581 Km<sup>2</sup> cubre un área con distintos pisos ecológicos, de los cuales casi el 50% está cubierto por bosques subtropicales y tropicales de llanura (Uslar *et al.* 2004). Situados en el centro del continente sudamericano, estos bosques tropicales están, también, entre los más diversos y varían desde bosques húmedos amazónicos hasta secos chaqueños (BOLFOR, 2000). Es así, que Navarro (1997), presentó una clasificación biogeográfica (ecológica y florística) de los bosques de Bolivia basadas desde el punto de vista de su bioclima, vegetación, flora, fauna, geomorfología y suelos. Según este autor las regiones biogeográficas incluidas en nuestro territorio boliviano se denominan Región Amazónica, Región Brasileño – Paranense, Región Chaqueña y Región Andina.

La región Andina presenta más variabilidad de ecosistemas; una de las cuales es la Provincia de los Yungas Peruano – Bolivianos. Su extensión comprende parte del Parque Nacional Madidi, más exactamente el Sector biogeográfico de los Yungas del Beni, la vegetación de este sector es posiblemente una de las más diversas de Sudamérica, existiendo un área relativamente pequeña a escala continental, un complejo de mosaicos de ecosistemas vegetales, que se ordenan en el espacio geográfico en función principalmente del factor bioclimático, el cual a su vez es determinado por la diversidad altitudinal y orográfica (Navarro y Maldonado, 2002).

Los Yungas Peruano-Bolivianos tienen como característica el modelamiento abrupto de sus paisajes, con unidades tectónico estructurales que forman fajas paralelas con mayor o menor pendiente, que van cambiando desde la cuenca del Río Beni a la del Río Ichilo, las cuales, Navarro y Maldonado (2002) denominan “Faja plegada de Huarina, Faja de la Cordillera Oriental, Faja Interandina y Faja del Subandino Norte”.

La Faja Subandina de los Yungas de la cuenca del río Beni es la más compleja y variada, presenta tipos de vegetación en mosaicos que podrían calificarse biogeográficamente como “islas subandinas” que representarían “refugios” de la flora

Brasileño – Paranense, ubicados en su mayoría a efectos de *sombra de lluvia* proporcionando la formación bosques secos, que se consideran intromisiones de esta flora en los Yungas, y probablemente dicha flora es testigo del avance generalizado durante épocas secas pasadas del Pleistoceno. El mantenimiento hasta la actualidad de estos refugios ha sido facilitado por las peculiares condiciones climáticas de determinados valles yungueños ubicados en cuencas altas del Río Cotacajes, Boopi, Coroico, Conzata, Camata, Tuichi y en el valle del río Machariapo y Chaquimayo (Kessler y Helme, 1999; Navarro y Maldonado, 2002).

Hasta el momento mediante inventarios florísticos en el bosque seco del Parque Madidi apoyados por el Jardín Botánico de Missouri (MO) y el Herbario Nacional de Bolivia (HBN), se ha logrado coleccionar información preliminar, los cuales fueron efectuados por Parker & Bailey (1991), Kessler y Helme (1999), Cayola (2004), Fuentes *et al.* (2004) y Choque (2007), que a pesar de utilizar metodologías distintas, como parcelas permanentes o parcelas temporales de muestreo, lograron evidenciar la alta diversidad, riqueza y endemismo.

Es así que el estudio de la vegetación es un campo abierto para la investigación; el presente tema tiene como objetivo principal evaluar la composición florística y biomasa del bosque del valle del río San Juan, uno de los ríos afluentes a la cuenca del río Tuichi para contribuir a información respecto a la diversidad florística que pueda contener este sitio en el bosque seco del Parque Nacional Madidi.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar y analizar la composición florística, estructura y biomasa del bosque andino semidecidual del Valle del Río San Juan del Parque Nacional ANMI Madidi.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Conocer la diversidad florística del bosque andino semidecidual.
- Conocer la composición florística, importancia ecológica, estructura del bosque andino semidecidual.
- Analizar los cambios en la composición y estructura florísticas según la altitud de cada parcela.
- Estimar la biomasa y el carbono almacenado en el área de estudio.



### **3. REVISION BIBLIOGRÁFICA**

La nomenclatura y la delimitación de los bosques secos son posiblemente confusas e inexactas. Las formaciones vegetales de bosque seco han recibido muchos nombres, en base a su fisonomía (bosques, matorrales, arbustos, sabanas, parques) en base a la cantidad de lluvias (estacionalmente húmedos o secos, xerófitos), longevidad del follaje (siempreverdes, semi-siempreverdes, semidecíduos, deciduos, caducifolios) y diversas combinaciones y sub combinaciones entre cada uno de ellos (<http://bosqueseco.tripod.com/inicio.html>). Este tipo de bosque es llamado también bosque semiperennifolio estacional o bosque perennifolio seco (Sánchez, 1981).

#### **3.1. Pisos ecológicos y características generales de las regiones biogeográficas de Bolivia**

En general para las aproximaciones de la determinación de pisos ecológicos y zonas biogeográficas<sup>1</sup> Navarro (1998, cit en Beck *et al.* 2002) propone una zonificación bio-climática para Bolivia, basada en el análisis de características ecológicas, estructurales y florísticas, estableciendo como unidad de clasificación la serie de vegetación.

Esta unidad representa el estado clímax y sus etapas seriales sucesionales es así que todo el ecosistema va cambiando según asciende la altitud y determinan de forma paralela cambios muy notables en la estructura y composición florística de la vegetación, por lo que los pisos ecológicos de Bolivia estarían delimitados en piso nival, subnival, alto andino, puna, prepuna, valles, ceja de monte superior e inferior, andino montano y subandino (Tabla 1 y figura 3).

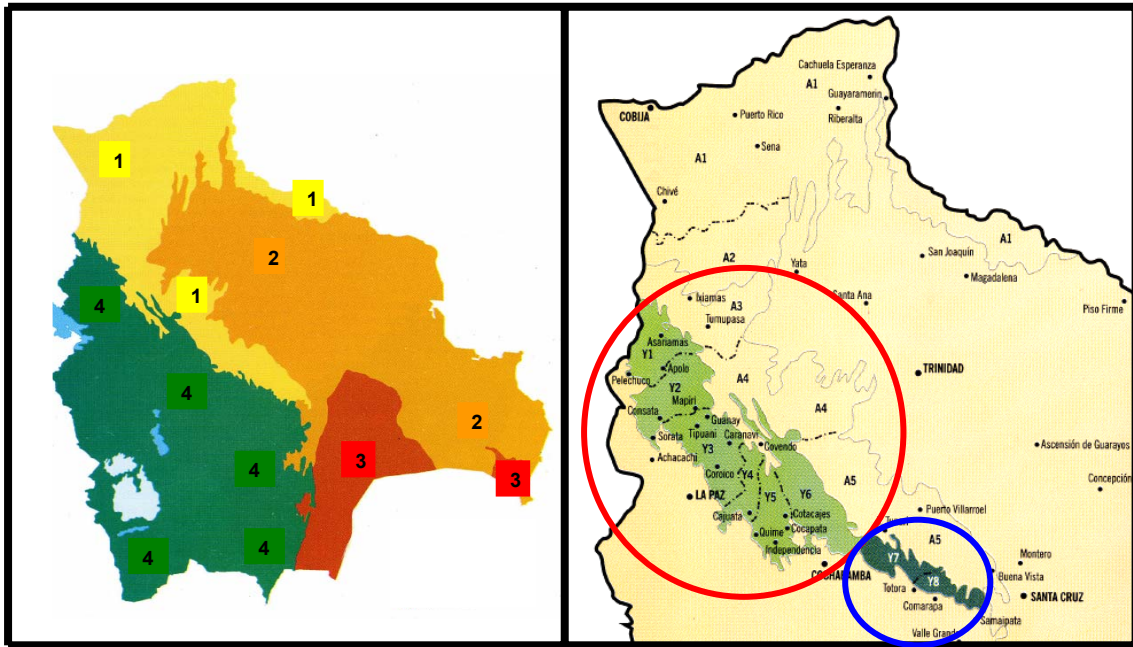
---

<sup>1</sup> La biogeografía estudia las áreas de distribución de las especies y las comunidades biológicas, tratando de deducir patrones o modelos generales expresados generalmente, que faciliten la comprensión de la distribución de los centros de origen, dispersión o diversidad de la flora y de la fauna (Navarro y Maldonado, 2002).

Según su biogeografía, el territorio boliviano pertenece integralmente al reino Neotropical, dentro del cual se reconoce a cuatro regiones biogeográficas: Amazonica, Brasileño – Paranense, Chaqueña y Andina en donde sus límites altitudinales entre pisos de vegetación mencionados muestran en la mayoría de los casos una correlación estrecha entre el modelo de distribución altitudinal de la precipitación y la temperatura (Navarro y Maldonado, 2002) (Figura 1a).

**Tabla 1. Definición y delimitación de los pisos ecológicos de Bolivia. Fuente: Datos extraídos de Navarro y Maldonado, 2002.**

	<b>Piso ecológico</b>	<b>Bioclima</b>	<b>Fisiografía</b>	<b>Intervalo Altitudinal (m)</b>
<b>Pisos de las zonas más elevadas de las cordilleras</b>	Nival	Pluviestacional	Zonas altas de las Cordilleras	>5.100-5.200
	Subnival	Pluviestacional y Xérico	Zonas altas de las Cordilleras	4.600- 4.700 a 5.100-5.200
<b>Pisos de las zonas internas de los Andes</b>	Alto andino	Pluviestacional y Xérico	Cordilleras del Altiplano	3.900-4 000 a 4.600-4.700
	Puna	Pluviestacional y Xérico	Laderas y serranías de la cordillera Altiplano	3.100-3.300 a 3.900-4.000
	Prepuna	Xérico	Valles internos superiores	2.000-2.300 a 3.100-3.300
	Valles	Xérico	Valles internos superiores	<2.000-2.300
<b>Pisos de las faldas orientales de la Cordillera Oriental</b>	Ceja de Monte superior	Pluvial y Pluviestacional	Laderas altas y serranías expuestas a los alisos	3.600-3.700 a 4.100-4.200
	Ceja de Monte Inferior	Pluvial y Pluviestacional	Laderas altas y serranías expuestas a los alisos	2.800-3.100 a 3.600-3.700
	Andino	Pluvial y Pluviestacional	Laderas altas y serranías expuestas a los alisos	1.800-2.000 a 2.800-3.100
	Montano	Pluviestacional y Pluvial	Laderas altas y serranías expuestas a los alisos	3.100
	Subandino	Pluviestacional	Laderas altas y serranías expuestas a los alisos	500-800 a 1.800-2.000



a)

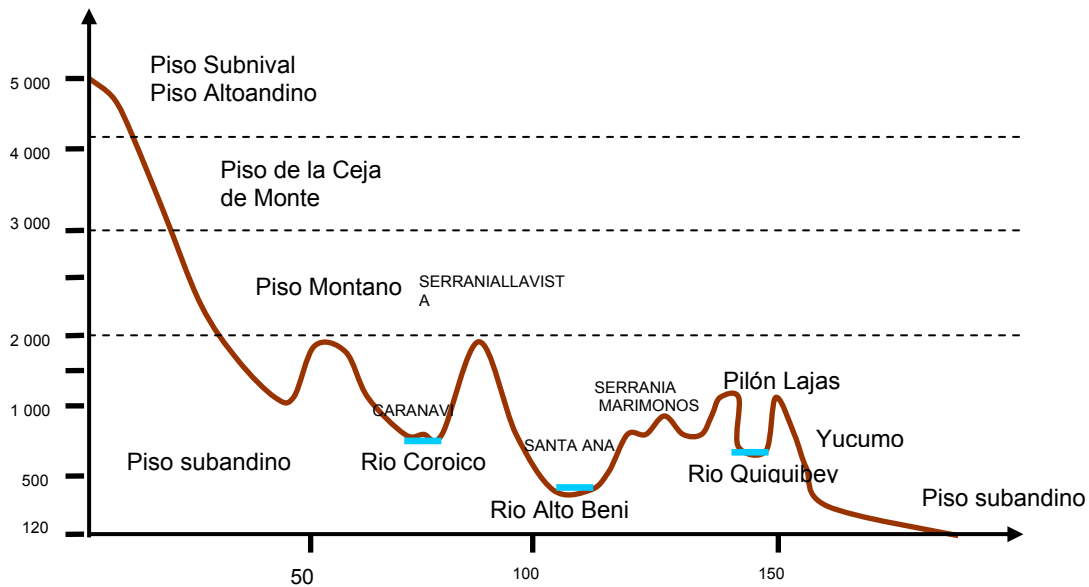
b)

**Figura 1. a) Mapa biogeográfico del Bolivia donde (1) es la Región Amazónica, (2) Región Brasileño-Paranense, (3) Región Chaqueña y (4) Región Andina. Fuente: Navarro y Maldonado, 2002; b) Yungas Peruano-Bolivianos, el círculo rojo nos muestra la el Sector Biogeográfico de los Yungas del Beni, el círculo azul nos muestra el Sector Biogeográfico de los Yungas de Ichilo. Fuente: Navarro y Maldonado, 2002.**

El mismo autor indica que dentro la Región Amazónica en Bolivia se encuentra la Provincia Biogeográfica del Madre de Dios, toda esta provincia con bioclima pluviestacional en llanura y pluvial hacia pie de monte andino. La región Brasileño-Paranense que reconoce las provincias biogeográficas del Cerrado, Beni y Pantanal con bioclima pluviestacional, xérico y pluviales. Por su parte la región Chaqueña reconoce dentro los límites bolivianos a la provincia del Chaco boreal, que presenta un bioclima xérico, aunque presenta una pequeña franja pluviestacional.

La región que presenta una gran diversidad de ambientes es la Andina que identifica a la provincia de los Yungas Peruano- Bolivianos (Sector biogeográfico de los Yungas del Beni y Sector biogeográfico de los Yungas de Ichilo) (figura 1b y figura 3), provincia de la Puna Peruana, Provincia Altiplanica y la Provincia

Boliviana-Tucumana que en su conjunto se distribuye en bioclimas pluvial, pluviestacional xérico.



**Figura 2. Perfil topográfico desde la cordillera Real de La Paz hasta la localidad de Yucumo (Sector Biogeográfico de los Yungas de la cuenca del río Beni), mostrando las principales formaciones pisos bio-climáticos. Fuente: Modificado de Navarro y Maldonado, 2002.**

### 3.2. Descripción de las principales características de los bosques secos semidecíduos

Los bosques semidecíduos son una transición entre bosque pluvial y los completamente deciduos (Sánchez, 1981). Los bosques secos no siempre son caducifolios y no todos los bosques caducifolios son bosques secos (Murphy & Lugo, 1995). La naturaleza caducifolia parece ser de carácter genético, ya que el fenómeno es característico de algunos géneros, independientemente del clima. También puede ser de carácter ambiental, ya que el momento, grado y longitud del periodo caducifolio pueden variar con el clima (Wadsworth, 2000). Dentro este tipo de bosques no todas las especies arbóreas son caducifolias, también se encuentran dentro del dosel unas cuantas especies perennifolias resistentes, donde la humedad es más alta (Vickery, 1991). Generalmente la mayoría o la totalidad de

los árboles del bosque son caducifolios, pero cuando menos lo son parte de los árboles del dosel superior. En los pisos inferiores la caída de las hojas es menos notoria (Lamprecht, 1990). La mayoría de los árboles emergentes miden de 30 a 35 m de altura, se defolian, poseen copas enormes y alcanzan un DAP de más de 100 cm (Vickery, 1991).

Los bosques secos semidecíduos se diferencian de los bosques siempre verdes por contener 40–100 % de especies leñosas deciduas, las cuales pierden el follaje más o menos simultáneamente durante la época seca (Bullock *et al.* 1995). Según Lamprecht (1990) en este tipo de bosque, el 75% de los árboles pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca y/o invernal, en un periodo seco bien definido de 3 a 5 meses. La característica de sequedad está influenciada por diversos factores entre los cuales se destacan el clima y el suelo, independientemente de la caducidad de las hojas (Murphy & Lugo, 1995).

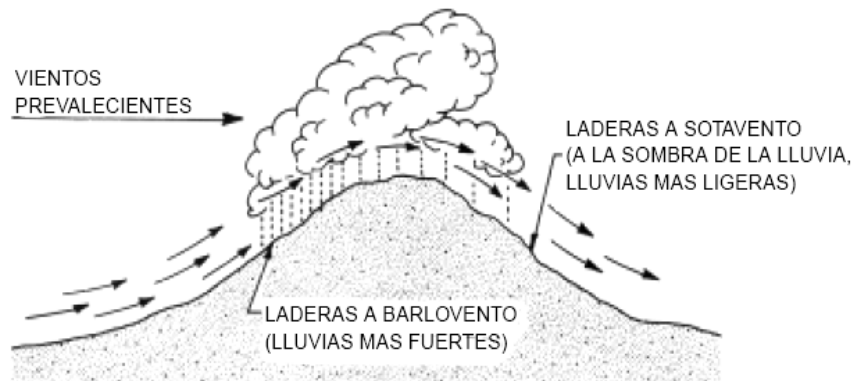
Estos bosques muestran una alta variabilidad de rangos de altitud y valores de precipitación (Kessler *et al.* 1988), por lo tanto no existe consenso en cuanto a los valores de precipitación que caractericen a un bosque seco tropical; usualmente se menciona una precipitación media anual de menos de 1.600 mm (Gentry, 1995), otros autores como Murphy & Lugo (1986 cit. en IAVH 1998) señalan una precipitación entre 250 y 1.800 mm, mientras que Espinal y Montenegro (1977 cit. en IAVH, 1998), establecen como límite una precipitación anual entre 1.000 y 2.000 mm.

Dada la topografía, los bosques subandinos secos semidecíduos se ubican y originan en zonas de “*sombra de lluvias*”<sup>2</sup> que son lugares con orientación topográfica donde las nubes colmadas de agua se descargan en las áreas adyacentes más próximas (Figura 3), dejando a estas zonas de sombra, con una

---

<sup>2</sup> Propuesto por Beard (1949), donde la precipitación resulta de la convección ocasionada por el aire que se enfría al elevarse sobre la superficie terrestre caliente; o bien es de carácter orográfico causada por el efecto de las dislocaciones ascendentes de las Cordilleras (Watsworth, 2000)

cantidad limitada de agua, lo que genera un déficit hídrico (Araujo-Murakami com. Pers.).



**Figura 3. Efecto de “sombra de lluvias”, la cantidad de lluvia que cae en las laderas a barlovento contrastan con las de sotavento Fuente: Beard, 1949 cit. en Wadsworth, 2000.**

El grado de defoliación depende no solo de las especies sino de la duración e intensidad del periodo seco (Lamprecht, 1990), y la pérdida de hojas depende de las reservas de agua del suelo, de tal manera que puede variar en diferentes partes en el mismo bosque (Vickery, 1991), el ciclo de los nutrientes es diferente al del bosque pluvial, por la considerable defoliación en la estación seca, la radiación que llega a la superficie del suelo aumenta drásticamente, y la capa de la hojarasca no se descompone durante la sequía (Sánchez, 1981) coadyuvando los fuertes vientos que prevalecen en esta época.

### **3.3. Bosques secos semidecíduos de Bolivia**

Una clasificación de la distribución de éstos bosques en Bolivia reconoce seis tipos de bosques deciduos y semidecíduos: bosque subhúmedo montano de la formación Boliviano-Tucumano, bosque deciduo del chaco serrano en la vertiente subandina del sur de Bolivia, los matorrales micro foliados y restos de bosque seco caducifolio en los valles secos interandinos, bosque deciduo seco del chaco, bosque subhúmedo de las serranías chiquitanas y bosque semidecuido del escudo brasileño (Rivera *et al.* 1996). Otra clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia, contiene 93 series de vegetación, incluyendo 34 tipos de bosque

pluviestacionales y ocho tipos de vegetación azonales asociados a bosques caducifolios. Esta proporción bastante alta de tipos de vegetación deciduos y semideciduos refleja la importancia de estos bosques en Bolivia (Navarro, 1997). Actualmente esta última, es la más aceptada por su posible precisión y porque eventualmente sea la más divulgada hasta hoy.

Los bosques secos semideciduos establecidos en los valles interandinos se distribuyen a nivel nacional en las áreas político administrativas de Chuquisaca, Cochabamba, La Paz, Potosí, Tarija con una superficie de 44.805 Km<sup>2</sup> (Killeen *et al.* 1993). Se han realizado estudios florísticos en las localidades de Capinota (Cochabamba), Yerbabuena y Peñas (Chuquisaca), así mismo, dentro de la cuenca del río Tuichi, en el Parque Madidi, se realizaron investigaciones en el valle del río Machariapo (afluente al río Tuichi) (Parker & Bailey, 1991), en el río Yanamayo (Kessler y Helme, 1999), en Pintata y Asilla (Cayola, 2004; Fuentes *et al.* 2004). Del mismo modo, la distribución de los bosques semideciduos incluye a los bosques que se presentan en la Chiquitanía, y en bosques Bolivianos-Tucumanos (Saldías, 1991; Quevedo, 1994; Killeen, 1997; Uslar *et al.* 2004).

Los bosques secos semideciduos de los valles interandinos septentrionales se ubican en los departamentos de La Paz y noroeste de Cochabamba pertenecientes a diferentes series de vegetación en los pisos subandino (500 – 600 msnm a 1.800 – 2.000 msnm) y montano (1.800 – 2.000 a 3.000 msnm) cuya flora representa relictos de otras unidades biogeográficas como de la Provincia Boliviano-Tucumana y del Cerrado (Navarro y Maldonado, 2002). Los bosques secos del norte de Bolivia dentro del Parque Nacional Madidi albergan una diversidad de especies leñosas que supera el promedio de los bosques secos neotropicales, siendo probable que sea la mayor extensión de bosque seco primario en los Andes (Kessler & Beck, 2001).

### 3.4. Bosques secos semidecíduos en el Parque Nacional Madidi

Una característica encontrada en los bosques secos del valle del Tuichi, es que muestran gran variabilidad en cuanto a su diversidad alfa, manifestando una fisonomía relativamente consistente, pero una composición florística muy heterogénea (Parker *et al.* 1991, Kessler y Helme, 1999, Cayola 2004, Fuentes *et al.* 2004, Zenteno en prep.). Los bosques secos del valle del Tuichi tienen su mayor similitud florística (relaciones biogeográficas y/o flujo de especies intermedio estructural montano – amazónico) con los bosques de la Región Brasileño Paranense, Región Amazónica, Región Andina, y en menor proporción con la Región Chaqueña, del mismo modo con los bosques secos del norte del Perú y sur de Ecuador. A todo este conjunto de relaciones, hay que añadir la presencia de endemismos locales que marcan la originalidad de esta formación. (Navarro y Maldonado, 2002; Cayola, 2004; Fuentes *et al.* 2004; López, 2006; Araujo-Murakami en prep.).

Desde el punto de vista florístico, las especies vegetales dominantes corresponden a las de bosques semidecíduos del Arco de bosque estacional (*Seasonal Forest Arc*) de Sudamérica planteado por Prado y Gibbs (1993). Entre estas especies están: *Anadenanthera colubrina*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Schinopsis brasiliensis*, *Amburana cearensis*, *Astronium urundeuva*, *Zeyheria tuberculata*, *Myroxylon balsamun*, *Cedrela fissilis* junto a otras endémicas como *Triplaris vestita*, *Caliandra chulumania*, *Pereskia weberiana* y *Kielmeyera paniculada*.

La elevada proporción de especies del “arco del Pleistoceno” presentes en los bosques secos del Tuichi, río afluente del río Beni, refuerza la hipótesis de la existencia de una formación más extensa de bosques secos durante el pleistoceno (Prado y Gibbs, 1993) que por el posterior advenimiento de un periodo más húmedo y cálido ha quedado fragmentado en la actualidad (Fuentes *et al.* 2004), al presente, son valles con bioclima pluviestacional debido a efectos climáticos locales favorables de *sombra ortográfica de lluvia* (Navarro y Maldonado, 2002) (figura 3).



Un panorama más exacto acerca del bosque seco del Parque Madidi en la cuenca del río Tuichi se observa en la figura 4 a y 4 b.



**Figura 4. a) Vista parcial del bosque seco en inmediaciones a la localidad de Azariamas Parque Nacional Madidi en época de lluvias (Octubre a Marzo). Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).**



**Figura 4. b) Vista parcial del bosque seco del Parque Nacional Madidi en época seca, donde se observa una gran mayoría de especies defoliadas (Junio a Septiembre). Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).**

### **3.5. Composición y estructura florística**

La estructura y composición de un bosque consiste en determinar la distribución de especies, tamaños y edades en un bosque. La composición florística de los

bosques tropicales utiliza los términos de riqueza y de diversidad de especies. La riqueza se aplica al número de especies en una determinada región o comunidad. La diversidad de una comunidad, abarca el número y las abundancias relativas de cada especie. Por otra parte la composición de un bosque mediante métodos estadísticos presentan variables cuantitativas, principalmente por el diámetro de los árboles a la altura del pecho (Finegan, 1992) y esta determinado por parámetros como la abundancia o densidad, dominancia y frecuencia.

El termino biodiversidad se acuñó a finales de los 80 y significa diversidad o variedad biológica. La composición florística de un bosque se enfoca como la diversidad de especies en un ecosistema, la cual se mide por su riqueza (cantidad de especies), representatividad (balance equitativo de las especies) y heterogeneidad (disimilitud entre riqueza y representatividad) (Peet, 1974 cit. en Watswothrh, 2000).

La diversidad biológica actual es el resultado de un complejo e irrepitible proceso evolutivo que trasciende el marco de estudio general de la Ecología. La diversidad biológica se refiere a la variedad y variabilidad de los organismos vivos y de los ecosistemas en donde ellos ocurren (Moreno y Halffter. 2000). La diversidad o reparto de individuos entre las especies es consecuencia, bien de las interacciones ecológicas entre ellos, bien de las relaciones entre estos y su medio ambiente. De este modo, los *procesos* producen *patrones* y de la observación de estos últimos pueden derivarse los primeros (Moreno, 2001).

La estructura vertical, es la distribución que presentan las masas foliares en el plano vertical o las distribuciones cuantitativas de las variables que se miden en el plano vertical, tal como la altura (Finegan, 1992). Los estratos se describen como agrupaciones de individuos que han encontrado los niveles de energía adecuados para sus necesidades y por lo tanto han expresado plenamente su modelo arquitectural, copas amplias. No se consideran aquellos individuos que van de paso

hacia microclimas que presenten mayores niveles de energía (Valerio y Salas, 1997).

Por otro lado, las características del suelo y el clima determinan la estructura del bosque. La estructura es la mejor respuesta del ecosistema frente a las características ambientales micro climáticas, limitaciones y amenazas que se presentan entre las cuales esta la perdida de nutrientes por lavado (BOLFOR, 1998), la latitud, nubosidad, grado de cobertura de la vegetación y la intensidad-calidad de luz que penetra al sotobosque (Guariguata, 2002) en donde la presencia de un árbol es determinado por la presencia de semillas, temperamento de la especie, frecuencia y apertura de claros, tamaño del claro además de la estrategia de escape o de agentes y organismos dispersores y polinizadores de la especie permiten la estabilidad del bosque (BOLFOR, 1998). Estas diferencias micro climáticas hacen que las diferentes especies se acomoden en diferentes niveles o estratos de acuerdo a sus necesidades (Valerio y Salas, 2001).

### **3.6. Diversidad biológica**

Se han descrito parámetros para medir la diversidad a escalas espaciales, como un indicador del estado de los sistemas ecológicos, con aplicabilidad practica para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental (Moreno, 2001); por ejemplo Whittaker (1960, cit. en Moreno, 2001) propuso la diversidad *alfa*, *beta* y *gama*. La *diversidad alfa* se refiere a la diversidad dentro un área o de un ecosistema en particular, y es expresada generalmente por el número de especies (riqueza de especies) en ese ecosistema. Si examinamos el cambio en la diversidad de especies en ese ecosistema entonces estamos midiendo la diversidad beta.

La *diversidad beta* es la cuenta del número total de las especies que son únicas a cada unos de los ecosistemas que son comparados, usualmente se mide por la magnitud de cambio de especie. Así la *diversidad beta* permite que comparemos la diversidad entre ecosistemas. La medición de la diversidad beta esta basada en

proporciones o diferencias que pueden ser evaluadas por Índices de coeficiente de similitud. La *diversidad gamma* es una medida de la diversidad total para los diversos ecosistemas dentro una región, a escala geográfica (Moreno, 2001).

El mismo autor indica que esta forma de analizar la biodiversidad resulta muy convincente en el contexto actual ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, ya que un simple listado de especies para una región no es suficiente. Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (*diversidad alfa*) y también la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (*diversidad beta*), para conocer su contribución a nivel regional (*diversidad gama*) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local.

A diferencia de las diversidades *alfa* y *gama* que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad *beta* es de una dimensión diferente porque esta basada en proporciones o diferencias (Marrugan, 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índice o coeficientes de similitud o disimilitud, que expresan el grado en el que dos muestras son semejantes o diferentes por las especies presentes en ellas, por lo tanto los Índices de similitud son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras o sea la disimilitud o la distancia entre muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.) (Wilson & Shmida, 1984).

### **3.7. Estimación de biomasa almacenada en bosques**

La biomasa forestal se define como el peso seco (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y debajo del suelo. Desgraciadamente el termino biomasa no se usa siempre en un

mismo sentido; por ello las comparaciones entre estudios sobre biomasa se deben efectuar cautelosamente. La biomasa total es solo parcialmente la fitomasa (la porción del tejido vegetal vivo o muerto). Aunque el termino biomasa se refiere a organismos que existen sobre y debajo del suelo, la práctica común es evaluar solo la biomasa sobre el nivel del suelo, ya que es difícil medir o usar el material del subsuelo (Watsworth, 2000).

Muchas formas de vida, aparte de los árboles conforman la biomasa; lianas leñosas y hemiepifitos (árboles que crecen encima de otros buscando apoyo) son comunes en bosques primarios con climas muy húmedos y secos. Para la mayoría de las formaciones de bosques o de los árboles, las estimaciones de la densidad de la biomasa están basadas solamente en la biomasa de árboles con diámetros  $\geq 10$  cm, que es el diámetro mínimo generalmente medido en la mayoría de los inventarios de bosques de dosel cerrado (Brown, 1997).

Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. Es frecuente separarla en componentes, donde los más típicos corresponden a la masa del fuste, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta (Schlegel *et al.* 2000), sin embargo estos métodos son destructivos, laboriosos y precisan de un alto costo y mayor tiempo. Actualmente existen diferentes métodos para estimar la biomasa de bosques mediante diferentes ecuaciones alométricas y factores de expansión sin afectar la integridad del ecosistema de los bosques.

### **3.8. Bosques como sumideros de CO<sub>2</sub>**

Las plantas están constituidas por un 60 % de carbohidratos, producto de la fijación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera mediante la fotosíntesis (Vickery, 1991) y que es almacenado como carbono, no solo en la biomasa orgánica (construcción de tejido vegetal), sino también en el subsuelo lo que supone una reducción de la cantidad de CO<sub>2</sub> presente en el aire. A medida que los árboles crecen absorben carbono, pero una vez el carbono ha sido almacenado no se producen más beneficios

respecto a la absorción (Palacios, 2005). El carbono se almacena en la biomasa viva (madera en pie, ramas, follaje, y las raíces) como en la biomasa muerta (la hojarasca, los restos de la madera y la materia orgánica del suelo y los productos forestales) (<http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/articulovb.PDF>).

La conservación de bosques es una alternativa para reducir o contrarrestar la cantidad de CO<sub>2</sub><sup>3</sup> en la atmósfera, ya que por cada tonelada de carbono absorbido en la masa forestal, la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se reduce en 3.667 toneladas. Sin embargo, el carbono no solo se almacena en la parte aérea de los árboles, sino también en la biomasa que cae de los árboles y sobre todo en el suelo (Amoros & Riera-Pere, 2005). Dentro del protocolo de Kyoto<sup>4</sup> se acepta el uso de sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero para compensar las emisiones de carbono.

Un sumidero de carbono es un mecanismo natural que elimina CO<sub>2</sub> de la atmósfera. El almacenamiento de carbono y su liberación por los ecosistemas forestales, ya sea a causa de la forestación, la reforestación o la deforestación están considerados en el Artículo 3.3 del Protocolo de Kyoto (Amoros & Riera-Pere, 2005).

---

<sup>3</sup> El CO<sub>2</sub> es uno de los principales gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático global (Schlegel et al., 2000).

<sup>4</sup> El Protocolo de Kyoto de 1997 fue adoptado y ratificado por Bolivia mediante Ley de la República No. 1988 el 22 de Julio de 1999. El Protocolo de Kyoto define mecanismos de mercado para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

## **4. LOCALIZACION**

### **4.1. Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Madidi**

El año 1995, el gobierno de Bolivia protegió oficialmente 1.8 millones de hectáreas del bosque tropical lluvioso, bosques nubosos, bosques caducifolios raros y una variedad de especies de flora y fauna casi únicas en las reservas naturales del mundo. Esta nueva área protegida fue denominada Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Madidi, colinda al norte con el inicio de las pampas y bosques bajos a lo largo del río Heath, el cual divide a los territorios de Bolivia y Perú. Hacia el sur se extiende hacia las primeras estribaciones y cumbres de los Andes hasta unos 6.000 metros de altura.

De oeste a este, el área protegida del Madidi recorre principalmente una serie de serranías paralelas que se elevan hasta los 2.000 metros y que están intercaladas por valles. Los valles más grandes son planos y aluviales y se encuentran alrededor del río Beni y la parte baja del río Tuichi (Reid, 2006).

A la fecha, después de cinco años de evaluación, el proyecto “Inventario Florístico de la Región del Madidi” ha logrado elaborar una lista de plantas vasculares con 6608 especies distribuidos en 2.015 géneros y 305 familias; valores que llevan a predecir la presencia de más de 10.000 especies en la Región Madidi, que comprende las áreas protegidas Madidi, Pilón Lajas y Apolobamba (Araujo-Murakami et al. 2005).

Tan solo para el bosque seco del valle del Tuichi se estiman más de 1.200 especies de plantas vasculares (Kessler, datos no publicados). Araujo-Murakami (com. Pers.) señala la existencia de 1.001 especies identificadas y colectadas hasta el momento en esta formación, número que podría sobrepasar lo estimado anteriormente. Los bosques deciduos del Madidi ocupan un área de 1.200 Km<sup>2</sup> de los que aproximadamente 700 Km<sup>2</sup> se encuentran en buen estado de conservación, por lo que estos bosques son documentados entre los más diversos para el Neotrópico. (Kessler y Helme, 1999).

## 4.2. Ubicación geográfica

El Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi (ANMI), ubicado en las provincias Franz Tamayo e Iturralde al norte del departamento de La Paz, abarca un área aproximada de 1.895.750 ha de las cuales 1.271.500 ha corresponden a la categoría de Parque Nacional y 624.250 ha al Área Nacional de Manejo Integrado (SERNAP, 2002).

El presente trabajo fue realizado en la cuenca o valle del río Tuichi, a 17,5 Km de la localidad de Azariamas, dentro del Parque Nacional Madidi (Municipio de Apolo), caminando entre sendas día y medio, dirección a la comunidad de San Fermín, casi frontera con el Perú, en las proximidades del **Río San Juan**; donde se instalaron tres parcelas ubicadas en: **1.-** fondo de valle a una elevación de 850 msnm en las coordenadas 14°12'01,4"S 68°39'21,1"W; **2.-** ladera a una elevación de 950 msnm en las coordenadas 14°11'58,9"S 68°39'07,3"W; y **3.-** cima a una elevación de 1050 msnm en las coordenadas 14°11'55,5"S 68°38'23,4"W. La evaluación florística se desarrolló entre los meses de Septiembre y Octubre del 2005 (Figura 5).



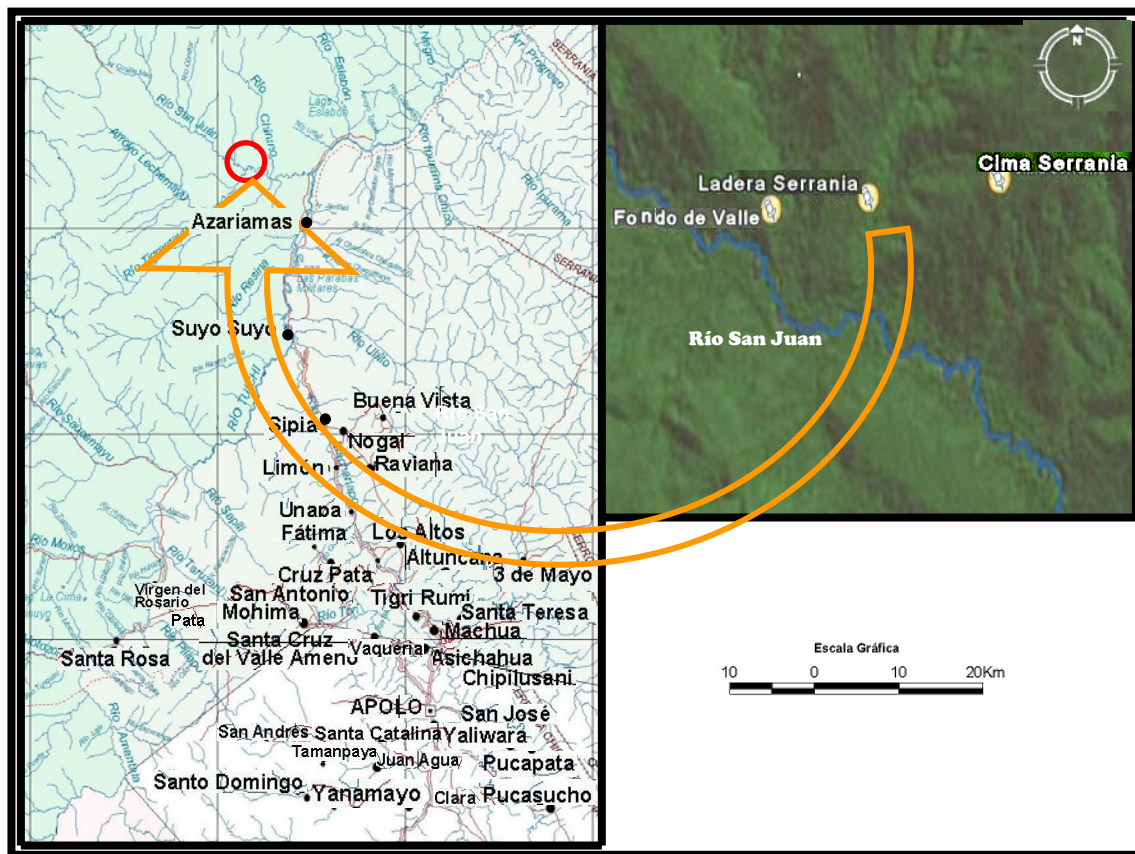


Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio en el Parque Nacional Madidi. Fuente: Modificado del Centro de Análisis Espacial CAE– Instituto de Ecología, 2002.

### 4.3. Características bioclimáticas

El Valle del Río San Juan aun no cuenta con una estación metereológica, sin embargo tras 11 años (1960 – 1970) de seguimiento a las variaciones tanto de temperatura como de precipitación en la estación climatológica del Municipio de Apolo que es la más cercana, se tienen promedios de temperatura mensual de 20.3°C, con temperaturas promedios máximas de 22°C y promedio mínimas de 14°C (Navarro, 1999). Los datos presentados en la figura 6 nos dan una idea general de los niveles de precipitación y la temperatura en proximidades de Apolo (valle del río San Juan), podemos observar esta variación entre los meses de Mayo a Septiembre con una cantidad de precipitación que tiende a rebajar hacia los meses de Junio al mes de Agosto de 28 – 22 mm de precipitación, con una temperatura que va desde 24,9 °C a 25,5 °C. Los meses restantes mantienen una

relativa constancia en lo referente a la precipitación entre 70 a 122 mm, con temperaturas de 26,6 °C a 27,3 °C (figura 6).

La precipitación en el bosque seco (núcleo de bosque seco que es Resina), es menor que la de Apolo y se estima que la precipitación media en el área de estudio varia de 900 a 1.200 mm en el año (Perry *et al.* 1993). Según el mapa de precipitación de Müller *et al.* (2002), la zona de estudio tiene una precipitación anual promedio que fluctúa entre los 1.400 a 1.700 mm y de 2,5 a 3 meses áridos. El bioclima pertenece a la clasificación superior, pluviestacional, húmedo inferior (Rivaz-Martines *et al.*, 1990; Navarro, 1999).

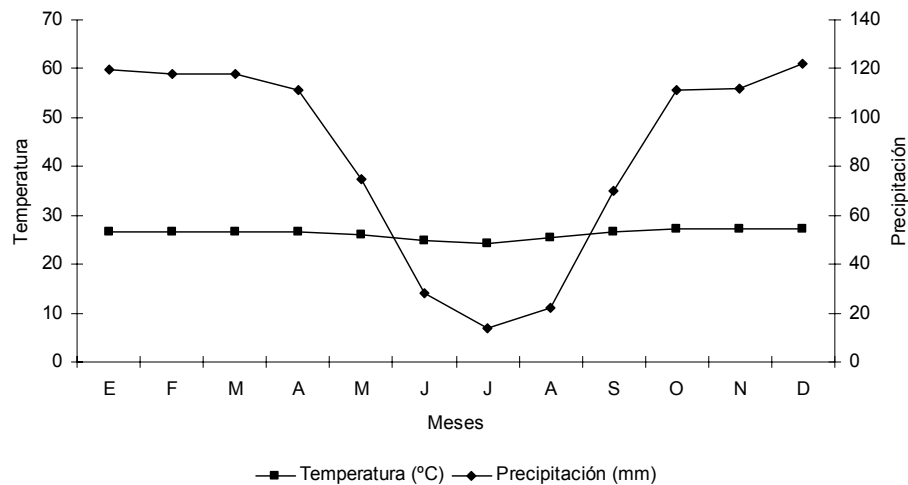


Figura 6. Climadiagrama de la región de Apolo. Fuente: Navarro, 1999.

#### 4.4. Geología y geomorfología

En la región se encuentra una amplia diversidad de ecosistemas y paisajes, que incluyen un complejo de serranías, correspondientes a las últimas estribaciones de la Cordillera Oriental, el pie de monte, la llanura aluvial y el cause de numerosos ríos y arroyos. Esta diversidad de paisajes determina la presencia de varios tipos de vegetación, que corresponden a bosques ribereños, bosques inundables, bosques de terrazas, laderas y laderas de colinas y bosques de serranía (Beck *et al.* 2002).

La unidad tectónico-estructural de la faja subandina es la más compleja, extensa (norte) y variada desde el punto de vista de su litología y estratigrafía, incluyendo a rocas pertenecientes al devoniano, carbonífero, permico, jurasico, cretácico y neógeno, predominando las areniscas, con interrelaciones de conglomerados y lutitas. Las fajas tectónicas estructurales interandina y subandina padecen de discontinuidad fisiográfica geomorfológico en su relieve con tendencia isoclinal constituidos por largas alineaciones de serranías aproximadamente paralelas orientadas en sentido noreste a sureste, perpendicular a la orientación de la cordillera oriental situados en “sombra de lluvia” orográfica, es decir a sotavento parcial de los vientos alisios calidos y húmedos (Navarro y Maldonado, 2002).

#### **4.5. Hidrografía**

La hidrografía del área esta definida por las cuencas de los ríos Beni, Tuichi, Madidi, Heath, Hondo y Quendeque (SNAP, 2003). El río Tuichi se distingue por su carácter tormentoso y por inesperados aumentos de caudal luego de intensas lluvias. Este río nace en las proximidades de la localidad de Pelechuco, a su paso es alimentado por los ríos Amantala, Ubito, Resina, río Negro y Eslabón para luego desembocar en el río Beni (Montes de Oca, 1997). El bosque seco de la Región del Madidi se encuentra en la cuenca media del río Tuichi y sus afluentes: Moxos, Machariapo, Azariamas, Resina, San Juan y otros de menor caudal (Araujo-Murakami com. pers.).

#### **4.6. Vegetación**

El área de estudio corresponde a la Provincia Biogeográfica de los Yungas – Distrito Biogeográfico de los Yungas de Apolobamba – Vegetación de Yungas Subandinos – Bosque subhmedo pluviestacional subandino de los Yungas del Beni. Estos son bosques climatofilos semidecuidos subhmedos pluviestacionales. Estructuralmente son bosques pluriestratificados, deciduos parcialmente con dosel de 20 – 25 m, emergentes de 30 m de alto ricos en lianas. Florísticamente son

bosques dominados por leguminosas, siendo la especie dominante generalmente *Anadenanthera colubrina* y otras especies comunes como *Astronium urundeuva*, *Schinopsis brasiliensis*, *Amburana cearensis*, *Maclura tinctoria*, *Hymenaea courbaril* y *Cariniana estrellensis*. Mucho más escasos, situados a orillas de quebradas aparecen *Junglans boliviana*, *Gallesia integrifolia*, *Clarisia biflora*, y *Myroxylon balsamun*. En el sotobosque, son algo frecuentes *Maytenus ilicifolius*, *Hedyosmum angustifolium*, *Cinchona calisaya*, *Trichilia clausenii*, *T. elegans*, *Dasyphyllum brasiliensis*, *Chrysophyllum sp.*, *Myrcianthes sp.*, *Opuntia brasiliensis* y *Aiphanes aculeata* (Navarro y Maldonado, 2002; Fuentes *et al.* 2004; Cayola, 2005; Choque, 2007).

Los bosques andinos secos semidecíduos del Madidi tienen una altura promedio de dosel de 20–25 m que pueden reducirse a chaparrales de 6 m de altura en algunas cimas de los cerros; son generalmente densos y pueden declinar a ralo de acuerdo a la topografía y exposición. La mayoría de los árboles son de copas amplias y caducifolias. Todos los árboles del dosel superior pierden sus hojas mientras algunas especies del sotobosque y estratos inferiores pueden ser siempre verdes. Asimismo presenta una amplia gama de sub-formaciones que van desde pequeñas manchas de bosques húmedos restringidas a los fondos de valles con presencia de familias como *Moraceae* y *Arecaceae* hasta vegetación xérica dominada por cactáceas y especies microfoliadas (Araujo-Murakami, com pers.).

Este tipo de bosque semidecídulo se caracteriza por la frecuencia de árboles con copas enormes y el grado de defoliación depende de la especie e intensidad del periodo seco. Muchos árboles florecen hacia el fin de la época seca, los frutos maduran al inicio o bien durante la época de lluvia. Durante la época seca el suelo se encuentra cubierto por un manto de hojas secas que alcanzan hasta 10 cm de espesor y estos bosques presentan menor número de árboles en el piso arbustivo además de contar con un mayor número de especies de bosque húmedo siempreverde, sin embargo el número de epifitas es más reducido (Vickery, 1991).

## 4.7. Suelos

Los suelos de los bosques secos se caracterizan por ser poco profundos y pedregosos (Montes de Oca, 1997), con una capa de materia orgánica muy delgada (Bach *et al.* 2003). De acuerdo a una definición simplificada de los principales subórdenes y de los grandes ordenes de suelos que se encuentran en los trópicos la U, S Soil Taxonomy hacen referencia a que los bosques estacionales con efectos “sombra de lluvias”; a elevaciones superiores a 700 m se desarrollarían suelos del suborden Andeps en las zonas más altas, convirtiéndose gradualmente en Humults en el lado del barlovento donde hay un régimen de humedad udico<sup>5</sup>. En el lado del sotavento el régimen de humedad es Ustico o Aridico<sup>6</sup>. Las diferencias en la edad del material originario y la pluviosidad producen suelos que van de Oxisoles a Aridisoles dentro de distancias cortas (Sánchez, 1981).

De los análisis de suelos realizados por el Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A), registrados en la base de datos del Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005), se pudo deducir que, tanto fondo de valle, ladera y cima tienen valores de pH de 4.5-6.9 haciéndolos suelos extremadamente ácidos a neutros. En cuanto a conductividad eléctrica, relacionados con el porcentaje de sodio intercambiable, en los tres sitios se tiene un grado de salinidad normal. De la misma manera relacionando la conductividad eléctrica con pH y porcentaje de sodio intercambiable, los tres resultaron suelos neutros a ácidos (Tabla 2).

---

<sup>5</sup> De acuerdo a la relación de pluviosidad-humedad del suelo de la U, S. Soil Taxonomy la sección de control del suelo esta seca por menos de 90 días acumulativos durante el año (Sánchez, 1981)

<sup>6</sup> De la misma manera en el ambiente Aridico la sección del suelo esta por más de 180 días acumulativos o húmeda por 90 días consecutivos durante el año (Sánchez, 1981)

**Tabla 2. Análisis de suelos efectuados en las tres PPMs a una profundidad de 40 cm, donde se muestran sus características químicas y físicas de la localidad de San Juan (FV es fondo de valle; L ladera; C cima). Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).**

Parámetro	Método	Unidad	FV	FV	FV	L	L	L	C	C	C
			PPM1 (1)	PPM1 (2)	PPM1 (3)	PPM2 (1)	PPM2 (2)	PPM2 (3)	PPM3 (1)	PPM3 (2)	PPM3 (3)
pH acuoso	ISRIC 4		6,9	6,6	6,4	6,1	4,5	5,2	4,7	4,6	4,6
Conductividad eléctrica	ASPT 6	µS/cm	109	109	116	119	64	93	61	96	74
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0,19	0,13	0,16	0,2	0,12	0,14	0,16	0,15	0,14
Carbón orgánico	WSP S-9, 10	%	1,3	0,88	1,4	2,2	1,4	1,4	2,1	2,4	2
Materia orgánica	WSP S-9,10	%	2,4	1,5	2,4	3,8	2,4	2,5	3,7	4,2	3,4
Fósforo disponible	ISRIC 14-2	mg/kg	16	16	16	179	22	91	20	23	17
Sodio intercambiable	WSP S-5.10	cmolc/kg	0,012	0,012	0,012	0,18	0,02	0,029	0,018	0,017	0,02
Potasio intercambiable	WSP S-5.10	cmolc/kg	0,24	0,17	0,35	0,3	0,14	0,42	0,25	0,59	0,14
Calcio intercambiable	WSP S-5.10	cmolc/kg	3,1	3,2	3,6	3,4	0,22	0,49	0,27	0,28	0,27
Magnesio intercambiable	WSP S-5.10	cmolc/kg	2,6	1,4	1,9	2,2	0,84	1,6	0,76	0,76	0,61
Acidez intercambiable	ISRIC 11	cmolc/kg	0,2	0,2	0,2	0,2	7,9	1,1	0,7	4,7	5,3
CIC	ISRIC 11	cmolc/kg	6,1	5	6,1	6,3	9,1	3,6	2	6,3	6,3
<b>Textura</b>											
Arena	DIN 18 123	%	49	56	36	18	19	23	22	36	30
Limo	DIN 18 123	%	26	20	30	40	32	36	28	21	27
Arcilla	DIN 18 123	%	25	24	35	42	49	40	50	43	42
Clase textural	DIN 18 123		Franco arenoso	Franco arcillo arenoso	Franco arcilloso	Arcillo limoso	Arcilla	Franco arcilloso	Arcilla	Arcilla	Arcilla

La afinidad entre nitrógeno, carbono y el nivel de materia orgánica entre las formaciones boscosas, fondo de valle y ladera presentaron un nivel de materia orgánica media – alta, mientras que en cima se presentó un nivel de materia orgánica alta. La capacidad de intercambio cationico (CIC) presentó para todas las muestras valores de 20.-9.1 lo que indicó un valor alto de la relación entre  $Mg^{+2}$ ;  $Ca^{+2}$ ;  $K^{+}$ ;  $N_2^{+}$ ;  $H^{+}$  (tabla 2).

La textura del suelo es franco arenoso, franco arcillo arenoso, franco arcilloso, arcillo limoso y arcilloso lo que probablemente las formaciones boscosas estarían adaptadas de suelos medios a fuertes. Según el agrupamiento textural, que se basa en el triangulo textural del Departamento de Agricultura del Estados Unidos, N.A., la textura superficial corresponde a los primeros 20 cm de profundidad, lo que demuestra que la primera muestra de suelo de fondo de valle al presentar un suelo franco arenoso estaría incluido en un agrupamiento textural moderadamente grueso, mientras que las muestras siguientes como franco arcillo arenoso y franco arcilloso estarían incluidos en un agrupamiento textural moderadamente fino, y finalmente las muestras arcillo limoso y arcilloso demostraron estar incluidos entre un agrupamiento textural fino (tabla 2).

## 5. MATERIALES Y METODO

### 5.1. Materiales

#### 5.1.1. Materiales de campo

- ✓ 2 cintas métricas de 50 m
- ✓ 1 brújula
- ✓ planillas de campo
- ✓ 1 martillo
- ✓ 6 unidades de cinta plástica anaranjada y azul
- ✓ estacas de PVC de 1/2"
- ✓ Cintas diamétricas
- ✓ Clinómetro
- ✓ Altimetro
- ✓ Receptor de GPS
- ✓ Placas de aluminio numeradas
- ✓ 3 Kg de clavos de 2" de aluminio
- ✓ Pintura roja en spray
- ✓ Cartones para prensar
- ✓ Cartones
- ✓ Bolsas nylon negras
- ✓ 1 mapa del Parque Nacional Madidi escala 1:250.000, borrador preliminar
- ✓ Tijeras de podar
- ✓ Pico de loro
- ✓ Prensas
- ✓ Alcohol
- ✓ Lupa
- ✓ Anafes a Kerosén
- ✓ Kerosén
- ✓ Binoculares
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Papel periódico
- ✓ Trepadores para árboles
- ✓ Secadora portátil
- ✓ pala

#### 5.1.2. Materiales de gabinete

- ✓ Claves botánicas
- ✓ Colección botánica del Herbario Nacional de Bolivia (Instituto de Ecología de la UMSA)
- ✓ Lupa microscópica
- ✓ Folders



## **5.2. Método**

### **5.2.1. Diseño de muestreo**

Para determinar el sitio y los puntos se utilizó el Mapa de vegetación del Parque Madidi Apolobamba y Pílon Lajas (Departamento de Geografía, Museo Noel Kempff Mercado), escala 1:250.000, borrador preliminar (2002) y una carta topográfica del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000.

El tipo de muestreo planteado fue estratificado al azar, este se emplea en zonas extensas y heterogéneas. Como primer paso se estratifica la zona, es decir se la subdivide en unidades homogéneas; fondo de valle, ladera y cima. En este caso se planteó estratificar en fondo de valle a 850 msnm, ladera a 935 msnm y cima a 1.050 msnm. Con esta técnica se disminuye la variabilidad (desviación estándar) de los datos con respecto a aquellos de toda la zona heterogénea sin estratificar (Matteucci & Colma, 1982).

El método empleado para la toma de datos en campo fue de parcelas permanentes de muestreo (PPMs) de 1 ha de superficie, que consideran árboles, hemiepifitos y lianas con DAP igual o mayor a 10 cm (Alder & Synnott, 1992; cit. en Vargas, 1996). Las PPMs están siendo utilizadas con mayor frecuencia por permitir una comparación cuantitativa y cualitativa de los sitios de estudio y ofrecer posibilidades de observar a largo plazo la fenología de las especies y la dinámica del bosque (Seidel, 1995).

Una vez en campo, antes de la instalación de las PPMs, se exploró el área y se definió el lugar donde se las instalaría, tratando en la medida de lo posible, de que el bosque este intacto (antropogénicamente), con una fisonomía constante y que no se encuentren claros dentro de un área aproximada de 10.000 m<sup>2</sup> para cada uno de los rangos altitudinales, propuestos anteriormente.

### **5.2.2. Instalación de las Parcelas Permanentes de muestreo (PPMs)**

Para la instalación de las PPMs. se procedió en primer lugar a la apertura de dos brechas perpendiculares rectas a partir del punto denominado inicial (punto 0,0) donde se instaló un jalón. Para conservar la recta de las brechas, los rumbos fueron controlados desde el punto inicial con ayuda de una brújula y ajustados según las indicaciones topográficas de la zona (figura 7, 8 y 9).

En cada una de las brechas iniciales se fueron marcando las subparcelas a cada 20 m con jalones marcados con cinta plástica anaranjada y además tubos PVC pintados con pintura roja (Figura 8). Para fines de orientación cada 10 metros también se instalaron jalones marcados esta vez con cinta de color azul. Al mismo tiempo, con ayuda de la brújula, se fueron cerrando los cuadrantes más determinados según el punto 0,0 con puntos denominados cierres.

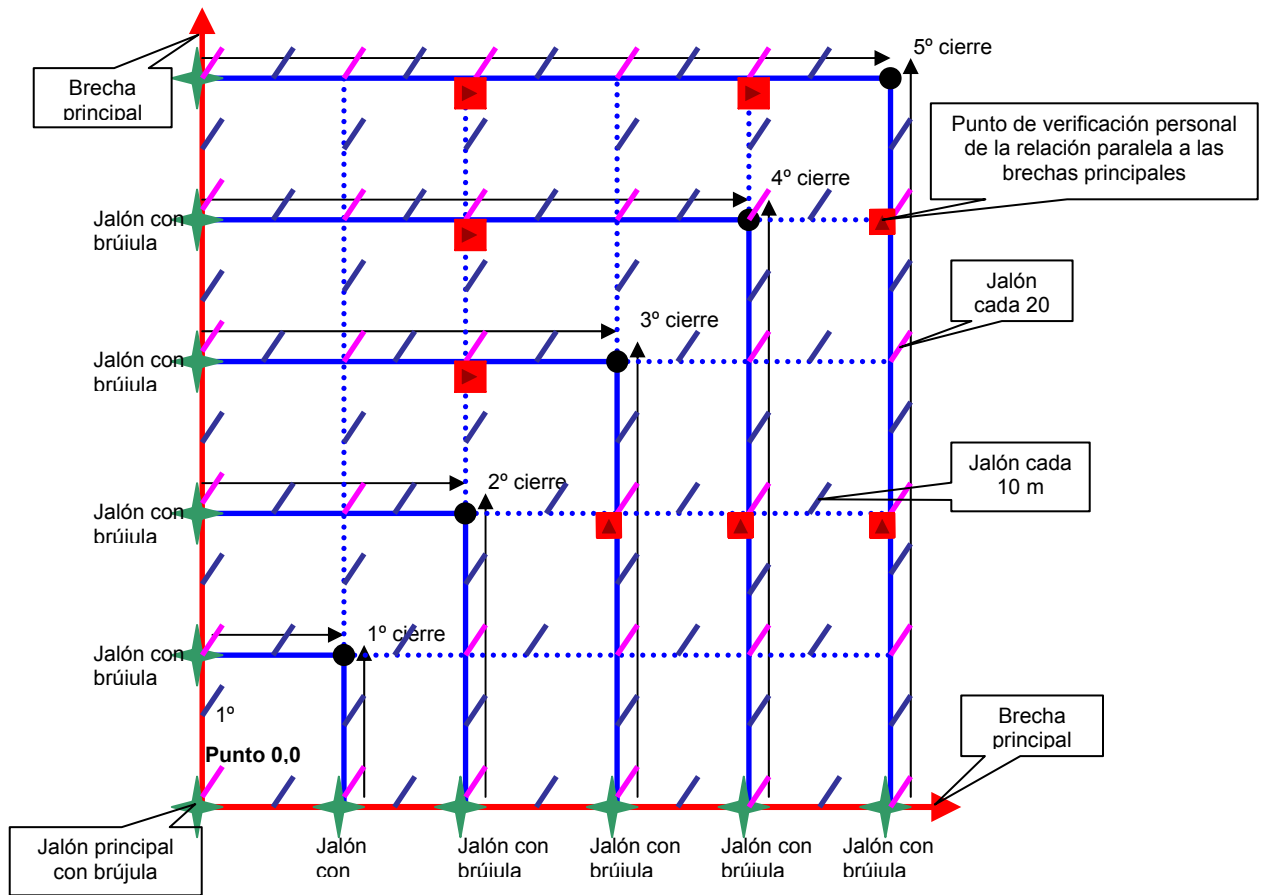
Al mismo tiempo se mantuvo verificada de que cada línea de jalones éste paralela a las brechas principales Finalmente se obtuvo una parcela cuadrangular de 100\*100 m con 25 subparcelas de 20 \* 20 m cada una (Figura 9).



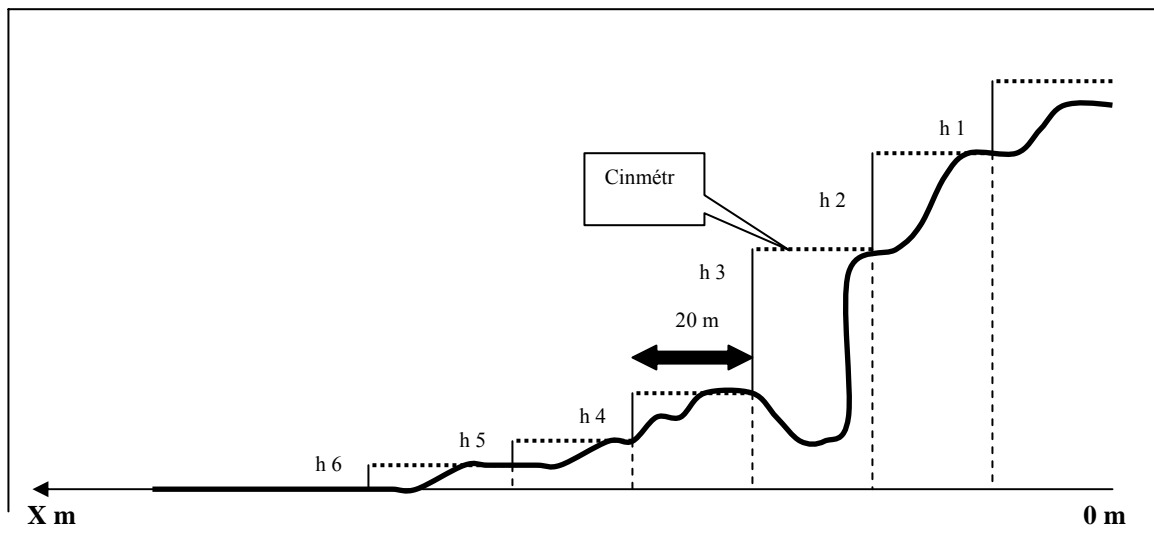
**Figura 7. Vista de la posición que debe tener la brújula al momento de comenzar a instalar la parcela permanente de muestreo. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).**



**Figura 8. Jalón con cinta anaranjada y tubo PVC. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi (2005).**



**Figura 9. Croquis de la instalación de una Parcela Permanente de Muestreo (PPMs). Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 10. Corrección de la distancia entre los puntos en terreno con pendiente. Fuente: Elaboración propia.**

Cuando la instalación de la PPM se presentó en terreno irregular o inclinado, la distancia de 20 m entre esquinas de las subparcelas, fue medido de forma horizontal y no en sentido de la pendiente (Figura 10), de esta manera se logra obtener resultados favorables a pesar de las condiciones topográficas adversas.

### **5.2.2. Recolección de información de campo**

La recolección de información en campo consistió en identificar, inventariar y medir los árboles y lianas de la parcela con un DAP  $\geq 10$  cm a 1,30 cm de altura desde el suelo en una planilla de campo (Anexo 1). Y siguiendo un orden correlativo de las parcelas 1 a la 25 (figura 13). Para medir el DAP de cada individuo, se procedió primero a despejar el área a medir del tronco para evitar errores posibles por la presencia de musgos y líquenes pegados al tallo del individuo medido. Cada individuo registrado fue marcado con una placa de aluminio. Estas placas fueron enumeradas correlativamente (figura 11 a y b) y se las colocaron siempre a una misma altura y dirección.



a)

b)

**Figura 11. a) Medición del DAP a 1.30 cm del suelo de los individuos  $\geq 10$  cm. b) Plaqueteado de los individuos con números correlativos a 20 cm por encima del punto de medición del DAP. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).**

Se tuvo cuidado de mantener la cinta diamétrica perpendicular al tallo. En casos especiales en que los individuos muestreados no presentaron una relativa horizontalidad del tallo, se tomó el DAP según casos especiales propuesto por BOLFOR, 1999 (Figura 12). Al mismo tiempo, se recogieron datos taxonómicos (familia, nombre científico y común) y fenológicos (Anexo 1) de cada individuo. Se registraron también algunos datos dendrológicos como aroma del tronco, tipo de exudado y se estimó la altura total y altura de fuste (figura 14).

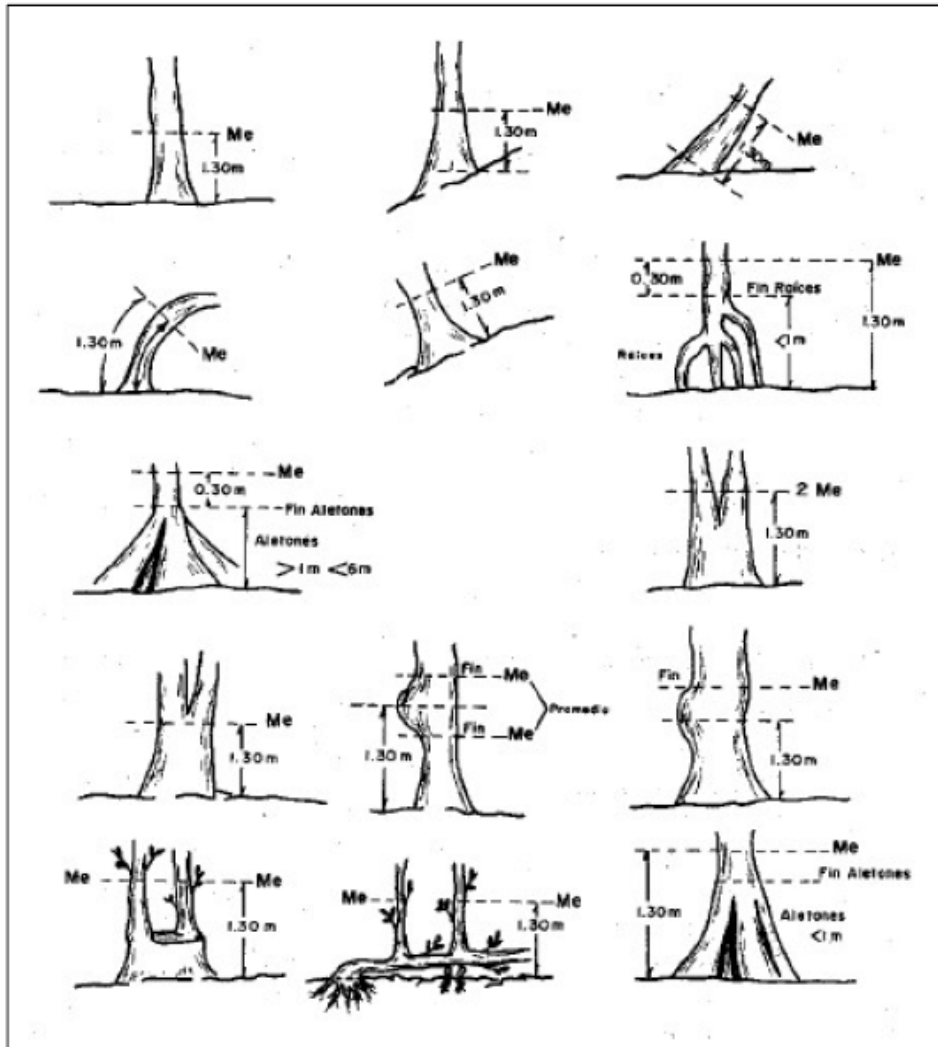


Figura 12. Medición de diámetro en casos normales y casos especiales.

Fuente: BOLFOR, 1999.

Se tomaron datos de la posición de cada individuo en el terreno. Para esto cada subparcela fue numerada del 1 al 25 como se muestra en la figura 13. Cada subparcela fue tomada como en un plano cartesiano en el cual cada individuo ocupó una posición determinada por los ejes cartesianos "X" y "Y".

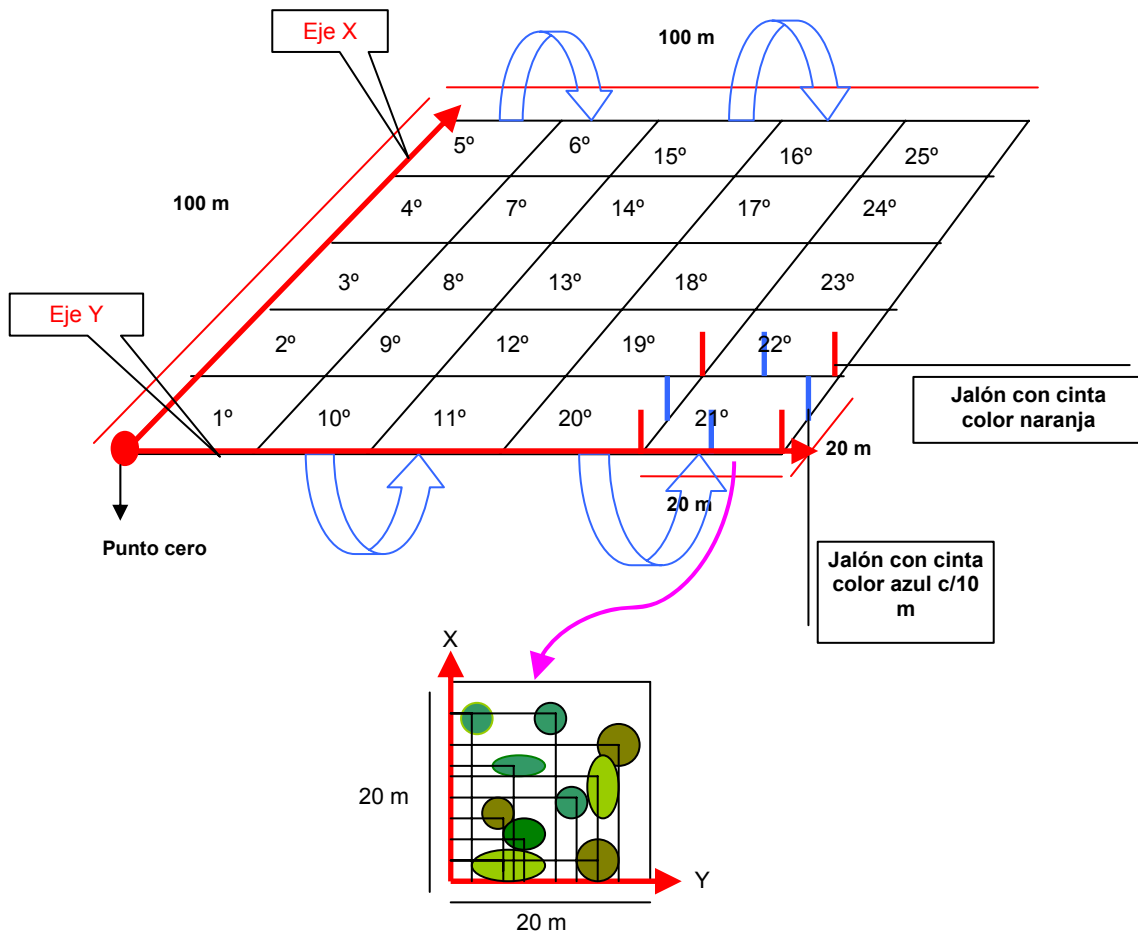
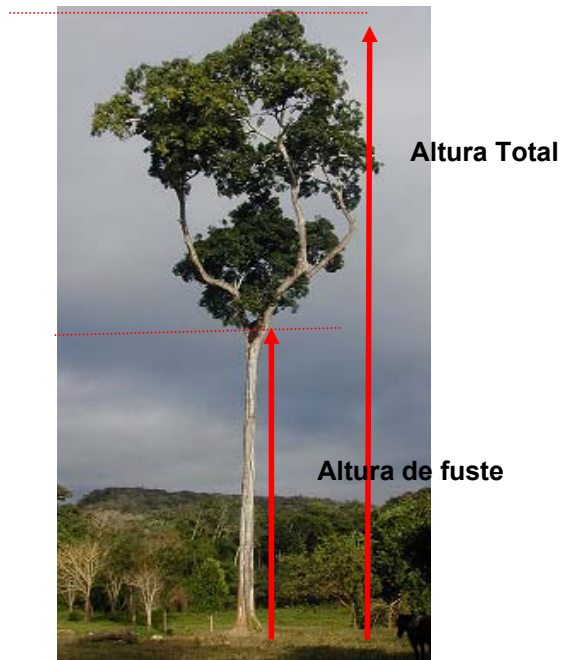


Figura 13. a) Numeración de cada subparcela de la PPM y b) Subparcela como plano cartesiano donde se ubica a cada individuo como un punto según las coordenadas X-Y.





**Figura 14. Toma de datos de altura total y fuste de cada individuo censado. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).**

Por otro lado, también se tomaron datos de la posición de la copa de los árboles (la posición de la copa se refiere a la posición de esta respecto a su exposición a la luz solar). Este parámetro de medición de los árboles sirve para determinar la estructura del bosque y la posición en la que se encuentran las especies dentro del bosque (BOLFOR, 2000). La posición de la copa se refiere a la posición con respecto a la luz solar. Se tienen 5 formas de posición de copa según lo propuesto por Dawkins (1958 cit. en Contreras *et al.* 1999; BOLFOR, 1999) observados en la figura 15 (Anexo 2).

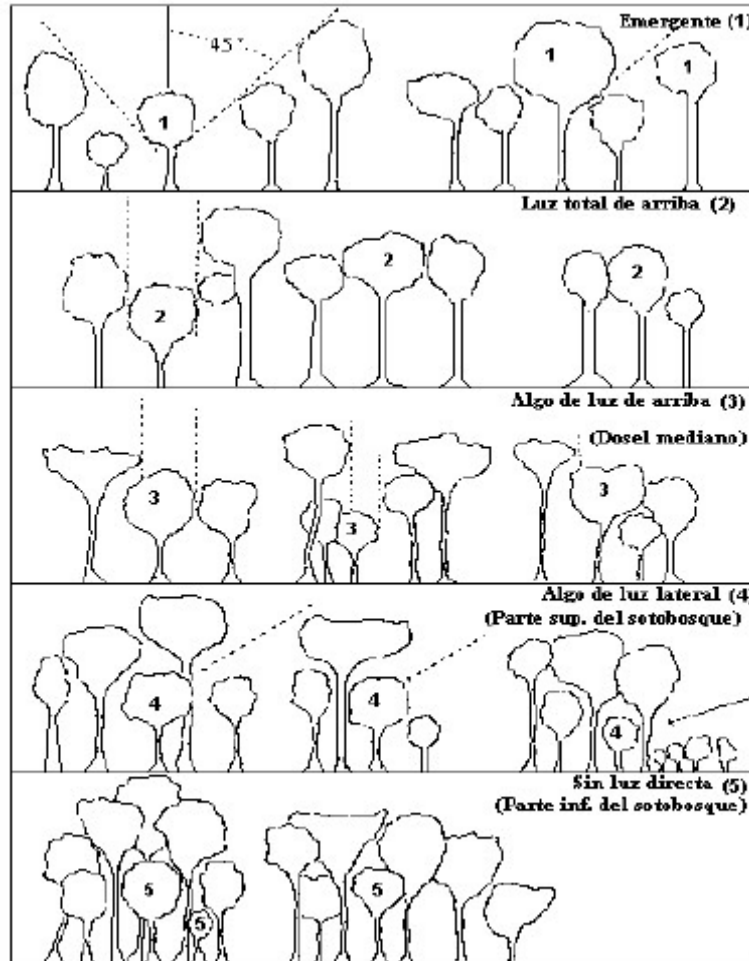


Figura 15. Posición de copa según categorías de Dawkins (1958). Fuente: BOLFOR, 1999.

Otro dato registrado fue la forma de copa, que dentro la población de cualquier especie se refiere al aspecto o calidad de la copa con relación al tamaño y estado del árbol; además esta correlacionado con el potencial de incremento. La forma de la copa incluye las cinco categorías según Dawkins (1958, cit. en BOLFOR, 1999) observados en la figura 16 (Anexo 2).

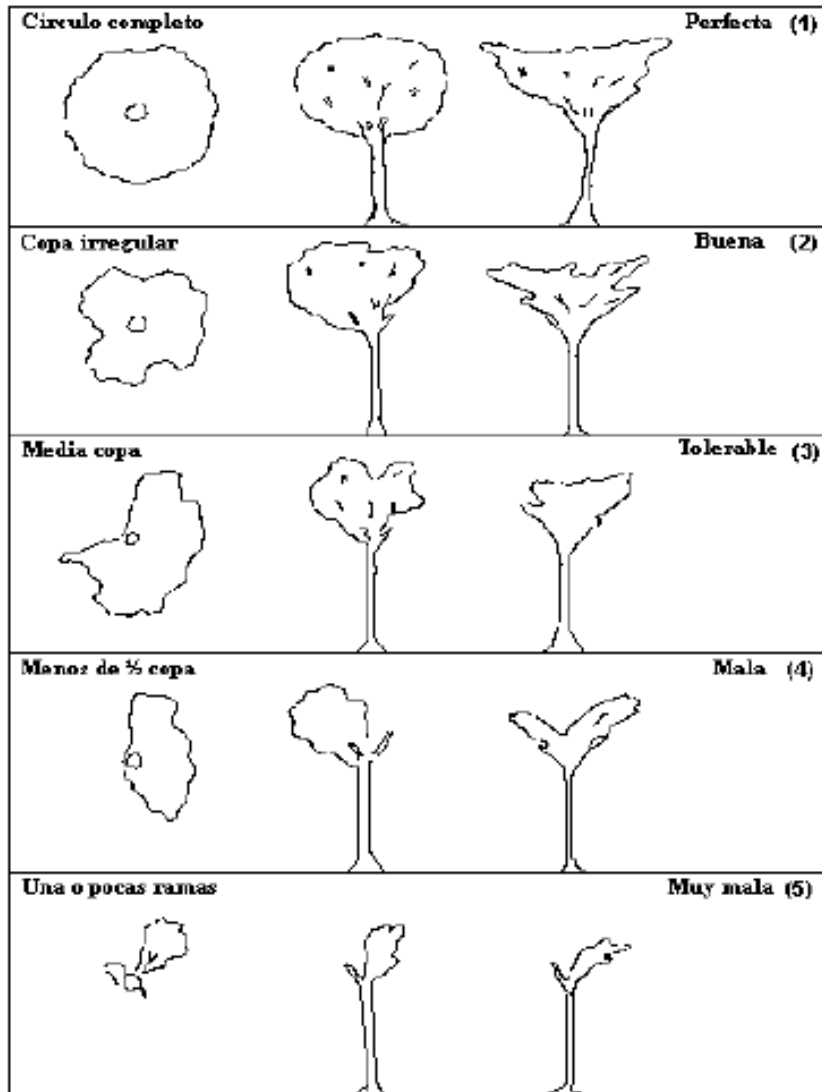
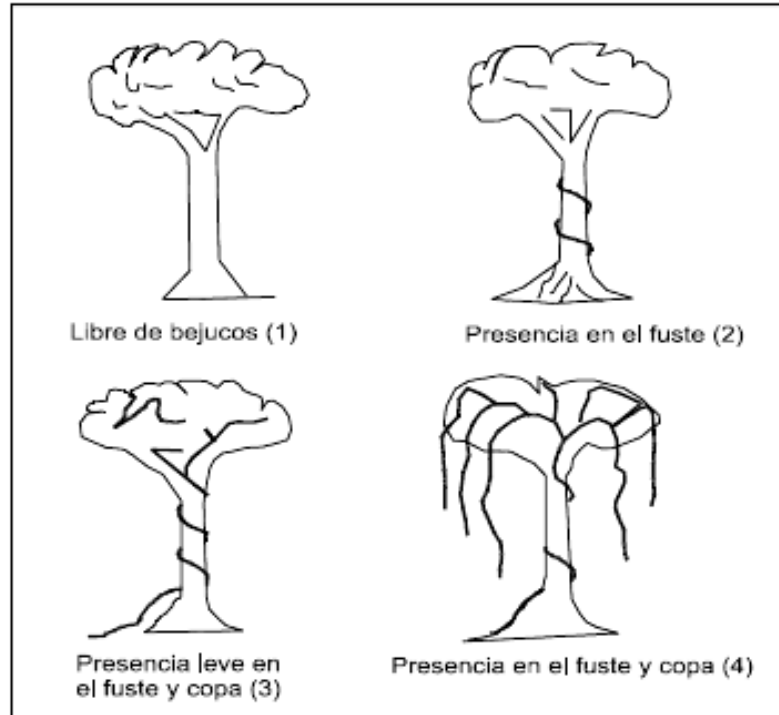


Figura 16. Forma de copa según categorías de Dawkins (1958).Fuente: BOLFOR, 1999.

Se registraron datos de la infestación por lianas según las categorías propuestas por Lowe y Walker (1977; cit. por Contreras *et al.* 1999; BOLFOR, 2000) observados en la figura 17 (Anexo 2). La presencia de bejucos tiene serios efectos sobre el crecimiento e incremento y la forma de los árboles. Para finalizar con la toma de datos se realizó el levantamiento topográfico con la ayuda de un clinómetro referenciado datos en cada esquina de las subparcelas.



**Figura 17. Diagrama del grado de infestación por bejucos.**

**Fuente: BOLFOR, 2000.**

### **5.2.3. Recolección, procesamiento e identificación de especímenes**

En campo se coleccionó muestras testigo de cada especie registrada, en caso de estar éstas en estado fértil se colectaron ocho muestras; en estado estéril solo cuatro duplicados por colecta. Las muestras fueron prensadas en papel periódico con ayuda de las tijeras podadoras para darle una posición estética al prensado, y secadas en campo con la ayuda de una secadora portátil la misma que utiliza kerosén como combustible. La estufa a Kerosén, se la cubrió con mantas aluminio para que se concentre el calor dentro el armazón de la estufa por 24 horas. Una vez secos, los especímenes fueron embalados y trasladados a instalaciones del Herbario Nacional de Bolivia para su identificación (Figura 18).



**Figura 18. Proceso de secado de las especies colectadas en campo. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).**

El trabajo de gabinete consistió en la identificación de los especímenes colectados con ayuda de las colecciones existentes en el Herbario Nacional de Bolivia (LPB), claves botánicas, y el apoyo de especialistas. En casos en los que la identificación del espécimen fue dudosa, se las clasificaron como morfoespecies. Las morfoespecies son precisamente la categoría donde se esperaría encontrar algunos taxones endémicos ya que por morfoespecie generalmente corresponde a un espécimen raro para el conocedor (Watsworth, 2000), la utilización de este concepto facilita el análisis entre datos colectados (Leal-Pinedo, 2005).

La información de cada espécimen fue ingresada a la base de datos del Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden; W3 TROPICOS (2003), (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>) con ayuda del programa informático Excel.

Los especímenes fueron almacenados en fólderes acompañados de una etiqueta con la información correspondiente (especie, familia, lugar de recolección, características de la localidad en donde se la recolecto y fecha). Duplicados fueron

enviados al Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Missouri Botanical Garden y al Real Jardín Botánico de Madrid (MA).

### **5.3. Análisis de la diversidad y composición florística**

La medida más simple de medir la diversidad de las especies es contar el número de especies por familia, el número de especies es el primero y más antiguo concepto de la diversidad de las especies y se denomina riqueza de especies (Krebs, 1986). Se utilizó la curva área-especie que sirve para el conocimiento del área mínima de muestreo para lograr identificar cuantas especies hay en un sitio, que ilustra la relación entre superficie y número de especies.

Estas curvas muestran el numero de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentara hasta que llegue un momento en el cual por mas que se recolecte el numero de especies alcanzará un máximo y se estabilizara en una asíntota (Lamprecht, 1990; Espinoza, 2001). Así mismo, consiste en representar El número de especies registradas en una zona, la cual aumenta conforme aumenta el trabajo de campo, hasta un máximo donde se piensa que ya se han registrado todas las especies (asintota (figura 19).

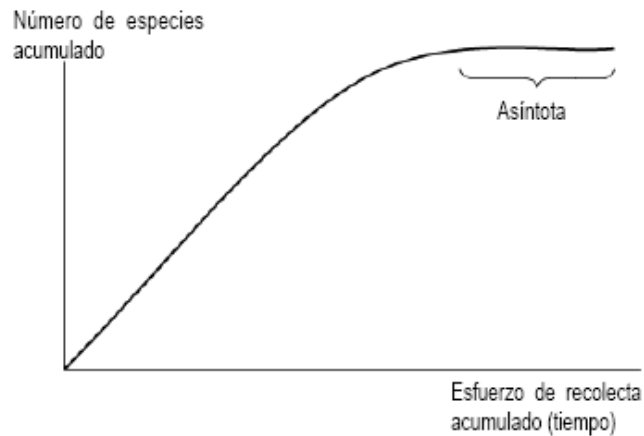


Figura 19. Curva de acumulación de especies. Fuente: Ezpinoza, 2001.

### 5.3.1. Densidad o abundancia

Se conoce como abundancia el número de individuos por unidad de área o sea el número de árboles por hectárea. Se puede determinar la abundancia por especie o por grupo de especies. Asimismo, se puede determinar la distribución de la abundancia por categorías de diámetro (BOLFOR, 2001). La abundancia absoluta es la cantidad de tallos de una sola clase de tamaño en particular registrados en cada una de las subparcelas y se expresa como la densidad de tallos por hectárea (Killeen, 1997).

Es 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:

$$Ab = N/A$$

Donde N es el número de individuos de un especie o familia y A corresponde a una área determinada (Curtis y McIntosh, 1951).

### **5.3.2. Abundancia relativa**

Se expresa la abundancia absoluta en relación porcentual. Para medir la abundancia relativa se utilizó la siguiente formula:

$$Ar = \left( \frac{N}{N_t} \right) * 100$$

Donde: N es el número de individuos de una especie o familia y N<sub>t</sub> es el número total de individuos (Curtis y McIntosh, 1951).

### **5.3.3. Frecuencia absoluta**

Es el número de apariciones de una determinada especie, la frecuencia absoluta es el número total de registros de una especie en cada unidad muestral, y la frecuencia relativa es la relación de los registros absolutos de una especie y el número total de registros de todas las especies (BOLFOR, 2000). Para la frecuencia absoluta se contó el número de veces que aparece una especie.

### **5.3.4. Frecuencia relativa**

Es igual al número de apariciones de todas las especies registradas, se expresa en forma porcentual. Se define frecuencia como la proporción de unidades de registro en las que se observa determinado atributo, generalmente se expresa como un porcentaje, (frecuencia relativa) un valor alto de frecuencia relativa implica que la especie se encuentra presente en la mayoría de cuadrantes, es decir, que su distribución espacial tiende a ser homogénea (Cascante y Estrada, 2000).

También es conocida como abundancia efectiva (Valerio y Salas, 2001). Para calcularla se dividió la muestra en un número determinado de submuestras (subparcelas) de igual tamaño entre sí, entonces se controló la presencia o ausencia de cada especie o familia en cada submuestra (Curtis y McIntosh, 1951).



$$Fr = \left(\frac{a}{A}\right) * 100$$

Donde a es el número de apariciones de una determinada especie, y A es igual a la suma de todas las especies. Según Lamprecht (1990) las relaciones de frecuencias se pueden representar en cinco clases demostradas en la tabla 2, que se la utilizo 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 2).

**Tabla 3. Clasificación de formaciones boscosas heterogéneas y/o homogéneas. Fuente: Lamprecht, 1990.**

<b>Clases</b>	<b>Frecuencia absoluta</b>
<b>I</b>	1-20
<b>II</b>	21-40
<b>III</b>	41-60
<b>IV</b>	61-80
<b>V</b>	81-100

### **5.3.5. Dominancia absoluta**

Por razones metodológicas se usa como denominativo de dominancia el área basal, que es la superficie o espacio real ocupado por una sección transversal del tallo de los árboles y se calcula para tener una aproximación de la dominancia de una especie a una determinada altura (1,3 m) del suelo y se expresa en m<sup>2</sup> por ha (Matteucci & Colma, 1982; Gotia, 2003).

Del mismo modo es la sección determinada en la superficie de suelo por el haz de proyección horizontal del cuerpo de la planta, lo que se da es la proyección horizontal de copas de los árboles (Matteucci & Colma, 1982). Para determinarla se utilizo la formula detallada a continuación:

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

Donde  $AB_{Abs}$  es área basal absoluta,  $\pi$  es 3.1416; D es el diámetro a la altura del pecho (DAP).

### 5.3.6. Área basal relativa o dominancia relativa

Se expresa en porcentaje y es la relación entre el área basal total de una determinada especie y la suma del área basal de todas las especies muestreadas. Para determinar esta variable se utilizó la siguiente formula:

$$AB\% = \left( \frac{AB}{AB_t} \right) * 100$$

Donde AB % es el Área basal relativa, AB es el área basal de una especie o familia y ABt es el área basal total.

### 5.3.7. Diversidad familiar

Es la relación que existe entre el número de especies de una familia sobre el total de especies. La diversidad relativa (DivR) expresa la relación porcentual entre el número de especies de una determinada familia y el número de todas las especies de la muestra.

$$Divr = \left( \frac{n^{\circ} sp}{N^{\circ} sp} \right) * 100$$

Donde: DivR es la Diversidad relativa;  $n^{\circ} sp$  es el número de especies de una familia y  $N^{\circ} sp$  es el número total de especies.

### **5.3.8. Índices de valor de importancia ecológica**

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies y familias, típicamente, en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), abundancia y frecuencia en valores relativos (BOLFOR, 2000).

#### **5.3.8.1. Índice de valor de importancia ecológica (IVI)**

Pondera aspectos numéricos de la población, las dimensiones de los árboles y la uniformidad territorial en la distribución de las especies. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El IVI es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente (BOLFOR, 2000). Para este tema de investigación se utilizó la siguiente formula:

$$IVI = \frac{Ar + Dom + Fr}{3}$$

En donde Ar es la abundancia relativa de las especies, Dom es la dominancia relativa de la especie y Fr s la frecuencia relativa de la especie.

#### **5.3.8.2. Índice de Valor de Importancia por Familia (IVIF)**

Se basa en la abundancia y dominancia relativa de cada familia y la proporción de la diversidad florística que la familia representa (Curtis y McIntosh, 1951). Para medir este parámetro se utilizo la siguiente formula:

$$IVIF = \frac{Ar + Dom + Div}{3}$$

Donde se muestra la sumatoria de  $A_r$ , es la abundancia relativa,  $Dom$  es la dominancia relativa y  $Div$  es la diversidad relativa.

## **5.4. Determinación de la estructura florística y biomasa almacenada**

### **5.4.1. Diagramas de perfil**

Los diagramas de perfil son descripciones estrictamente fisonómico-estructurales que describen las comunidades vegetales de flora poco conocida (Matteucci & Colma, 1982). La estructura vertical se refiere a la disposición de las plantas de acuerdo a sus formas de vida en los diferentes estratos de la comunidad vegetal, son representados precisamente por los diagramas de perfil que representan fotografías del perfil de una vegetación, sea de forma horizontal o vertical (BOLFOR, 2000); este tipo de representación se realiza con los datos numéricos de DAP y altura total y se elaboran las clases diamétricas y altimétricas, que reflejan las estructuras totales de las formaciones boscosas (Davis y Richards, 1933).

La estructura vertical esta determinada por la distribución de los organismos a lo alto del perfil del bosque, definidas por diferentes condiciones micro climáticas, formados por copas de los árboles que han alcanzado los niveles energéticos suficientes para sus necesidades (mientras más profundos sean, disponen de mayor energía) (BOLFOR, 1998), del mismo modo es la distribución que presentan las masas foliares en el plano vertical, tal como la altura (Finegan, 1992). Los estratos arbóreos no son siempre reconocibles, (Schulz 1960, cit. en Watsworth, 2000), consideraba que la clasificación de los estratos es de carácter arbitrario. Richards (1983 cit. en Watsworth, 2000), concluyo que es importante reconocer la variación de la densidad del follaje en distintos niveles, la cual es mayor en el estrato inferior.

Esta 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, 1998), la estructura total más importante del bosque es el número de árboles por clases diamétricas (Finegan, 1992).

La estructura horizontal se analizó ordenando el DAP de las especies en intervalos de 10 cm para poder clasificar por grosor de tallo. La estructura vertical se ordena las alturas verticales de los árboles cada 10 m para poder clasificar los estratos.

#### **5.4.2. Estimación de la biomasa almacenada**

En las tres PPMs se utilizó un modelo alométrico sugerido por Chave *et al.* (2005) el mismo que considera el diámetro y la densidad de la madera<sup>7</sup>:

La formula fue la siguiente:

$$AGBest = (\rho * \exp(-1.239 + 1.980 \ln(D) + 0.027(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3)) / 1000$$

Donde:  $AGB_{est}$  es la biomasa en tn/ha;  $\rho$  es la densidad en g/cm<sup>3</sup>; D= es el diámetro a la altura del pecho en cm. La densidad maderable de las especies fue tomada de valores propuestos por Chave *et al.* (2005) (Anexo 4), se determinó conveniente que individuos que solo tuvieran registro hasta familia se les asigne un valor de 0,6 g/m<sup>3</sup>, el mismo que es una media ponderada obtenida de las densidades de especies conocidas y el volumen por hectárea de estas especies por ecoregión utilizada por Brown y Lugo (1992) y Brown (1997).

El coeficiente de determinación corresponde a  $r^2$  0,89. Para Shaum (1969) la ecuación es de mínimos cuadrados de forma que representa la curva de vida de un árbol (figura 20), que por su estructura demuestra una función cúbica, que genera una parábola que muestra una curva de tendencia utilizada para fines de estimación, predicción o pronóstico.

---

<sup>7</sup> La densidad de la madera permite transformar los volúmenes húmedos (volúmenes determinados para árboles en pie, cubicación de trozas o volúmenes por hectárea) en biomasa seca, expresada en kilogramos o toneladas por unidad de volumen.

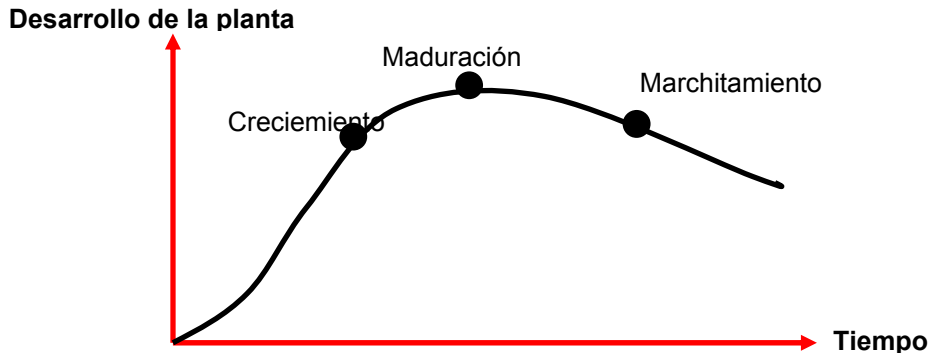


Figura 20. Curva de crecimiento de una planta. Fuente: Milz. 2001.

Para la estimación de la biomasa de las lianas se multiplicó los resultados obtenidos de la fórmula antes mencionada por un factor de expansión de 1.037 propuesto por Hergarty & Caballé (1991). Finalmente para incluir la biomasa de otros componentes no registrados con un DAP < a 10 cm se multiplicó la sumatoria de la biomasa de todos los árboles evaluados por un factor de expansión de 1,062 (Phillips *et al.* 2001).

El carbono almacenado resulta de multiplicar la biomasa aérea total por el factor de corrección de 0.5 (Brown y Lugo 1992). La razón por la que se multiplica por 0.5 para obtener carbono se debe a que la literatura indica que en promedio la materia vegetal contiene un 50% de carbono, una vez se ha removido del agua (Schlegel *et al.* 2000).

Donde: CBt es el carbono almacenado; Bt es la biomasa aérea total

$$CBt = Bt * 0.5$$

#### 5.4.3. Diversidad beta y afinidades florísticas entre sitios (Índice de similitud)

Los coeficientes de similitud han sido muy utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad beta). Para determinar la

similaridad entre parcelas se utilizo el índice de Sørensen (1948) que compara comunidades mediante presencia o ausencia de especies entre cada una de las parcelas de muestreo, y se expresa de la siguiente manera:

$$IS = \left( \frac{2C}{A+B} \right) * 100$$

En donde A es el número de especies encontradas en la comunidad A, B es el número de especies encontradas en la comunidad B, C es el número de especies comunes en ambas localidades. Por otro lado modificando esta formula para poder expresar la diferencia entre tres comunidades fue la siguiente:

$$IS \text{ modificado} = \left( \frac{3 * A + B + C}{(D+E) + (E+F) + (D+F)} \right) * 100$$

Donde A, B y C son el numero de especies encontradas en las tres comunidades o parcelas; D, E y F se refiere al numero de especies comunes entre localidades.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Diversidad florística y variables dasométricas en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

La curva de relación entre número de especies y área muestreada obtenida para las tres parcelas estudiadas muestra que en todos los casos el número de especies registradas aumenta a medida que lo hace la superficie pero sin llegar a un punto de inflexión. Solo en el caso de la parcela realizada en la cima de serranía, la curva tiene una leve tendencia a declinar y mantener constancia (Figura 21).

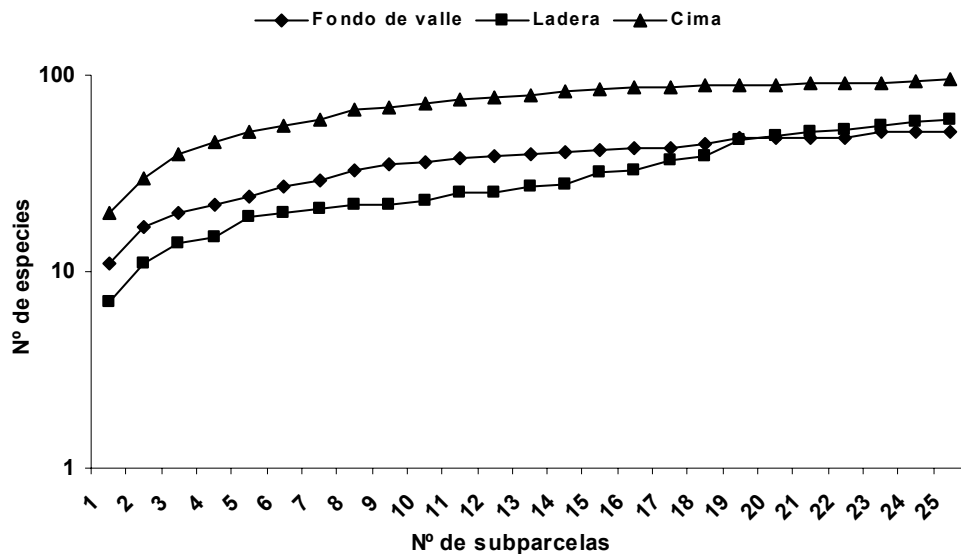


Figura 21. Curva área-especie en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.

En las tres parcelas realizadas se registraron un total de 2.192 individuos perteneciente a 38 familias, 105 géneros y 146 especies. Un total de 2.171 individuos fueron identificados a nivel de familia, género y especie. El resto fue trabajado a nivel de morfoespecie (Tabla 4). Según su taxonomía se puede observar todas las especies en el anexo 3.



En fondo de valle se registraron 415 individuos (409 árboles, 5 lianas y un hemiepifito). Se realizaron 55 colectas de las especies encontradas, las cuales pertenecen a 27 familias, 48 géneros y 55 especies. Las variables dasométricas se expresaron en un DAP promedio del rodal de 24,63 cm, DAP máximo de 138.2 cm, altura promedio de 16.53 m, altura máxima de 36 m, un área basal de 35,47 m<sup>2</sup>/ha, 264.82 tn/ha de biomasa almacenada y 132.41 tn/ha de carbono almacenado (Tabla 4).

En ladera de serranía se registraron 1.018 individuos (5 lianas y 1.013 árboles) pertenecientes a una diversidad y riqueza de 24 familias, 48 géneros y 60 especies. Las variables dasométricas manifestaron un DAP promedio del rodal de 17,19 cm, DAP máximo de 100 cm, altura promedio de 14,75 m, altura máxima de 37 m, área basal de 32,11 m<sup>2</sup>/ha, 307.06 tn/ha de biomasa almacenada y 153.52 tn/ha de carbono almacenado. Se realizaron 56 colectas de las especies identificadas (Tabla 4).

En cima de serranía se registraron 759 individuos (17 lianas y 742 árboles) expresados en una diversidad y riqueza de 33 familias, 71 géneros y 95 especies, se realizaron 101 colectas entre especies fértiles y estériles, la falta de hojas en un individuo hizo que se lo clasifique como indeterminado. Las variables dasométricas indicaron que el DAP promedio para el rodal fue de 18,83 cm, DAP máximo de 116 cm, altura máxima 36 m, altura promedio de 14,27 m, área basal de 28,20 m<sup>2</sup>/ha, 281.94 tn/ha de biomasa almacenada y 140.96 tn/ha de carbono almacenado (Tabla 4).

**Tabla 4. Descripción detallada de los resultados de PPMs en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

	Fondo de valle	Ladera (exp. oeste)	Cima (amplitud lumínica)	Total
Altitud (msnm)	850	950	1.050	-
Forma	Cuadrangular	Cuadrangular	Cuadrangular	-
Pendiente (%)	2	20	5	-
Nº de individuos	415	1.018	759	2.192
Mat. coleccionado	55	56	101	212
Promedio DAP (m <sup>2</sup> )	24.64	17.19	18.83	-
Promedio de altura (m)	16.53	14.75	14.27	-
Área basal (m <sup>2</sup> )	35,47	32,11	28,2	-
Biomasa (tn/ha)	264,82	307,06	281,94	-
Carbón alm (Tn/ha)	132,41	153,52	140,96	-
Numero de epifitos	6	5	17	
Número de géneros	48	48	71+	105
Número de especies	55	60	95	-
Número de especies y morfotipos	55	60	96+	146
Número de familias	27	24	33	38

+ un individuo sin colectar

## 6.2. Composición florística y estructura en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

### 6.2.1. Composición florística y estructura en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

#### 6.2.1.1 Importancia ecológica por familias en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

Las familias más abundantes fueron *Annonaceae* con 114 individuos (27,47%), *Fabaceae* con 50 (12,04%), *Euphorbiaceae* con 45 (0,84%), *Meliaceae* con 27 (6,51%), *Phytolacaceae* con 22 (5,30%), *Sapotaceae* con 20 (4,82%), *Nyctaginaceae* con 19 (4,58%) y posteriormente otras 21 familias que sumaron un 28,41 %.

En lo que se refiere a frecuencias, las familias más representativas fueron *Annonaceae* con 21 individuos (10,5%), *Fabaceae* con 19 (9,5%), *Meliaceae* con 16

(8%), *Euphorbiaceae* con 15 (7,5%), *Phytolaceae* con 13 (6,5%), *Sapotaceae* con 13 (6,5%), *Capparaceae* con 12 (6%) y otras familias con el 45,5%.

La dominancia de familias estuvo encabezada por *Phytolacaceae* con 4,67 m<sup>2</sup>/ha (13,17%) de área basal, *Bombacaceae* con 4,47 m<sup>2</sup>/ha (12,60%), *Euphorbiaceae* con 4,20 m<sup>2</sup>/ha (11,85%), *Tiliaceae* con 3,87 m<sup>2</sup>/ha (10,92%), *Fabaceae* con 3,87 m<sup>2</sup>/ha (10,66%), *Nyctaginaceae* con 3,78 m<sup>2</sup>/ha (8,31%), *Annonaceae* con 2,94 m<sup>2</sup>/ha (8,29%), las otras familias formaron un total de 8,58 m<sup>2</sup>/ha (24,21%) de área basal (tabla 5; Anexo 5).

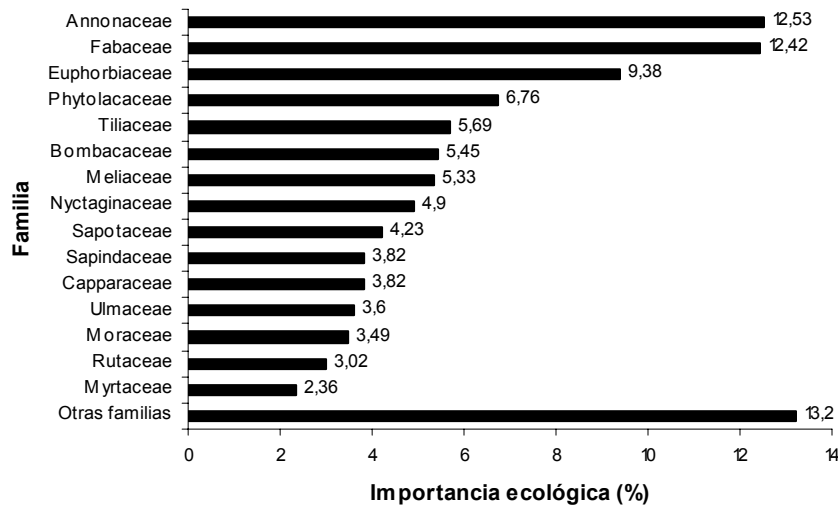
La familia *Fabaceae* mostró la mayor diversidad con 8 especies, *Meliaceae*, *Moraceae* y *Sapindaceae* con 4 especies; *Euphorbiaceae*, *Myrtaceae*, *Rutaceae* y *Sapotaceae* con 3 especies seguidas de *Capparaceae*, *Lauraceae*, *Rubiaceae* y *Ulmaceae* con 2, finalmente están 15 familias representadas por una especie (tabla 5, Anexo 5).

**Tabla 5. Importancia ecológica de familias (IVF) y sus componentes en la parcela de fondo de valle (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual, IVF: Índice de Valor por Familia) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Familia	Nº sp.	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVF (%)
		Abs	%	Abs	%	Abs	%	
<i>Annonaceae</i>	1	114	27,47	2,94	8,29	21	10,5	12,53
<i>Fabaceae</i>	8	50	12,05	3,78	10,66	19	9,5	12,42
<i>Euphorbiaceae</i>	3	45	10,84	4,2	11,85	15	7,5	9,38
<i>Phytolacaceae</i>	1	22	5,3	4,67	13,17	13	6,5	6,76
<i>Tiliaceae</i>	1	18	4,34	3,87	10,92	8	4	5,69
<i>Bombacaceae</i>	1	8	1,93	4,47	12,6	7	3,5	5,45
<i>Meliaceae</i>	4	27	6,51	0,79	2,21	16	8	5,33
<i>Nyctaginaceae</i>	1	19	4,58	2,95	8,31	9	4,5	4,9
<i>Sapotaceae</i>	3	20	4,82	0,86	2,42	13	6,5	4,23
<i>Sapindaceae</i>	4	9	2,17	0,72	2,03	7	3,5	3,82
Otras familias	28	83	19,97	6,21	17,55	72	36	29,49
Total	55	415	100	35,46	100	200	100	100

Respecto al índice de valor de importancia ecológica los valores anteriormente descritos otorgan el mayor peso ecológico a *Annonaceae* (12,53%), *Fabaceae* (12,42%), *Euphorbiaceae* (9,38%), *Phytolacaceae* (6,16%), *Tiliaceae* (5,69%),

*Bombacaceae* (5,45%), *Meliaceae* (5,33%) y otras 20 familias con el 42,44% (figura 22, Anexo 5).



**Figura 22. Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVF) en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

### 6.2.1.2. Importancia ecológica por especie en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

Los géneros de mayor riqueza fueron *Chrysophyllum* (3 sp.), *Trichilia* (2), *Machaerium* (2), *Capparis* (2) y *Allophyllus* (2), entre los más importantes (Anexo 5).

A nivel de especies *Oxandra espiantana* representa a 114 individuos (27,47%), *Actinostemon concolor* a 31 (7,47%), *Gallesia integrifolia* a 22 (5,30%), *Ormosia boliviensis* a 21 (5,06%), *Trichilia pleeana* a 20 (4,82%), *Bougainvillea modesta* a 19 (4,58%), *Pentaplaris davithsmitii* a 18 (4,34%), a continuación otras 16 especies que representan 40,9%, con menor abundancia. Las especies más frecuentes fueron *Oxandra espiantana* con 21 individuos (9,21%), *Trichilia pleeana* con 14 (6,14%), *Gallesia integrifolia* con 13 (5,70%), *Ormosia boliviensis* con 11 (4,82%), *Chrysophyllum vel sp. nov.* con 8 (4,39%), *Bougainvillea modesta* con 9 (3,95%),

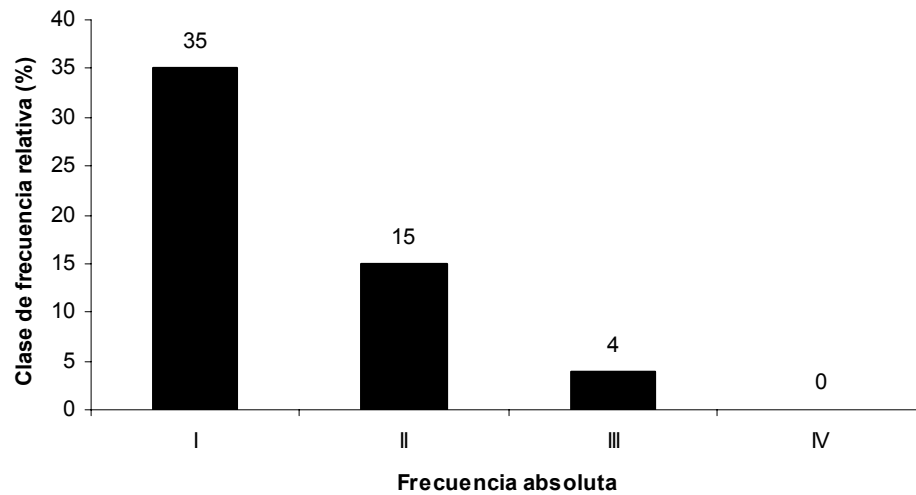
*Myroxylon balsamun* con 9 (3,95%), posteriormente el 61,89% completan la serie de la frecuencia.

Las especies más dominantes fueron *Gallesia integrifolia* con 4,67 m<sup>2</sup>/ha (13,17%), *Ceiba speciosa* con 4,47 m<sup>2</sup>/ha (12,6%) *Pentaplaris davidsmithii* con 3,87 m<sup>2</sup>/ha (10,92%), *Hura crepitans* con 3,74 m<sup>2</sup>/ha (10,55%), *Bougainvillea modesta* 2,95 m<sup>2</sup>/ha (8,31%), *Oxandra espintana* con 2,94 m<sup>2</sup>/ha (8,29%), *Capparis amplissima* con 1,51 m<sup>2</sup>/ha (4,25%) seguidas de otras 48 especies (31,93%) que descienden de manera gradual en sus valores de dominancia (tabla 6; anexo 5).

**Tabla 6. Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en la parcela en fondo de valle (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San.**

Nombre científico y morfotipos	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI (%)
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	
<i>Oxandra espintana</i>	114	27,47	2,94	8,29	21	9,21	14,99
<i>Gallesia integrifolia</i>	22	5,3	4,67	13,17	13	5,7	8,06
<i>Pentaplaris davidsmithii</i>	18	4,34	3,87	10,92	8	3,51	6,25
<i>Ceiba speciosa</i>	8	1,93	4,47	12,6	7	3,07	5,87
<i>Bougainvillea modesta</i>	19	4,58	2,95	8,31	9	3,95	5,61
<i>Hura crepitans</i>	7	1,69	3,74	10,55	6	2,63	4,96
<i>Trichilia pleeana</i>	20	4,82	0,58	1,65	14	6,14	4,2
<i>Ormosia boliviensis</i>	21	5,06	0,87	2,44	11	4,82	4,11
<i>Actinostemon concolor</i>	31	7,47	0,38	1,07	7	3,07	3,87
<i>Capparis amplissima</i>	10	2,41	1,51	4,25	8	3,51	3,39
Otras especies	145	34,87	9,48	26,77	124	54,44	38,73

Por lo mencionado anteriormente en literatura, Lamprecht (1990) incluiría a la parcela de fondo de valle a un bosque heterogéneo por la mayor concentración de especies (64,81%) 35 entre la clase I, 15 (27,78%) incluidos en la clase II, 4 incluidos en la clase III (7,41%); evidenciando la ausencia de las clases IV y V (figura 23).



**Figura 23. Diagrama de frecuencias absolutas en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Los valores anteriormente descritos otorgan la mayor importancia ecológica a *Oxandra espintana* con 14,99% *Gallesia integrifolia* con 8,06%, *Pentaplaris davidsmithii* con 6,25%, *Ceiba speciosa* con 5,87%, *Bougainvillea modesta* con 5,61%, *Hura crepitans* con 4,96%, *Trichilia pleeana* con 4,2%, por último 48 especies que representaron el 50,1% del peso ecológico (figura 24, 25; anexo 5).



*Oxandra espinosa*  
(Annonaceae)



*Bougainvillea modesta*  
(Nyctaginaceae)

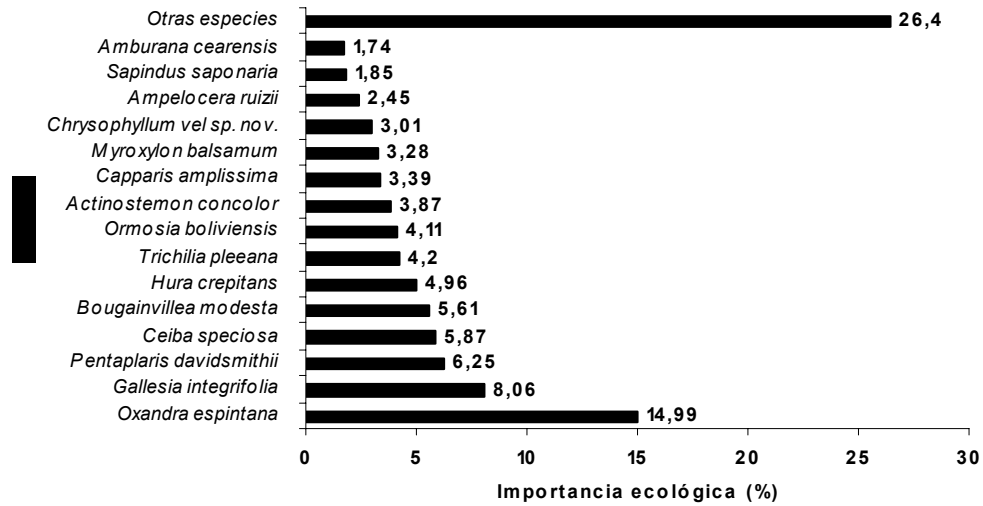


*Ceiba speciosa*  
(Bombacaceae)



*Hura crepitans*  
(Euphorbiaceae)

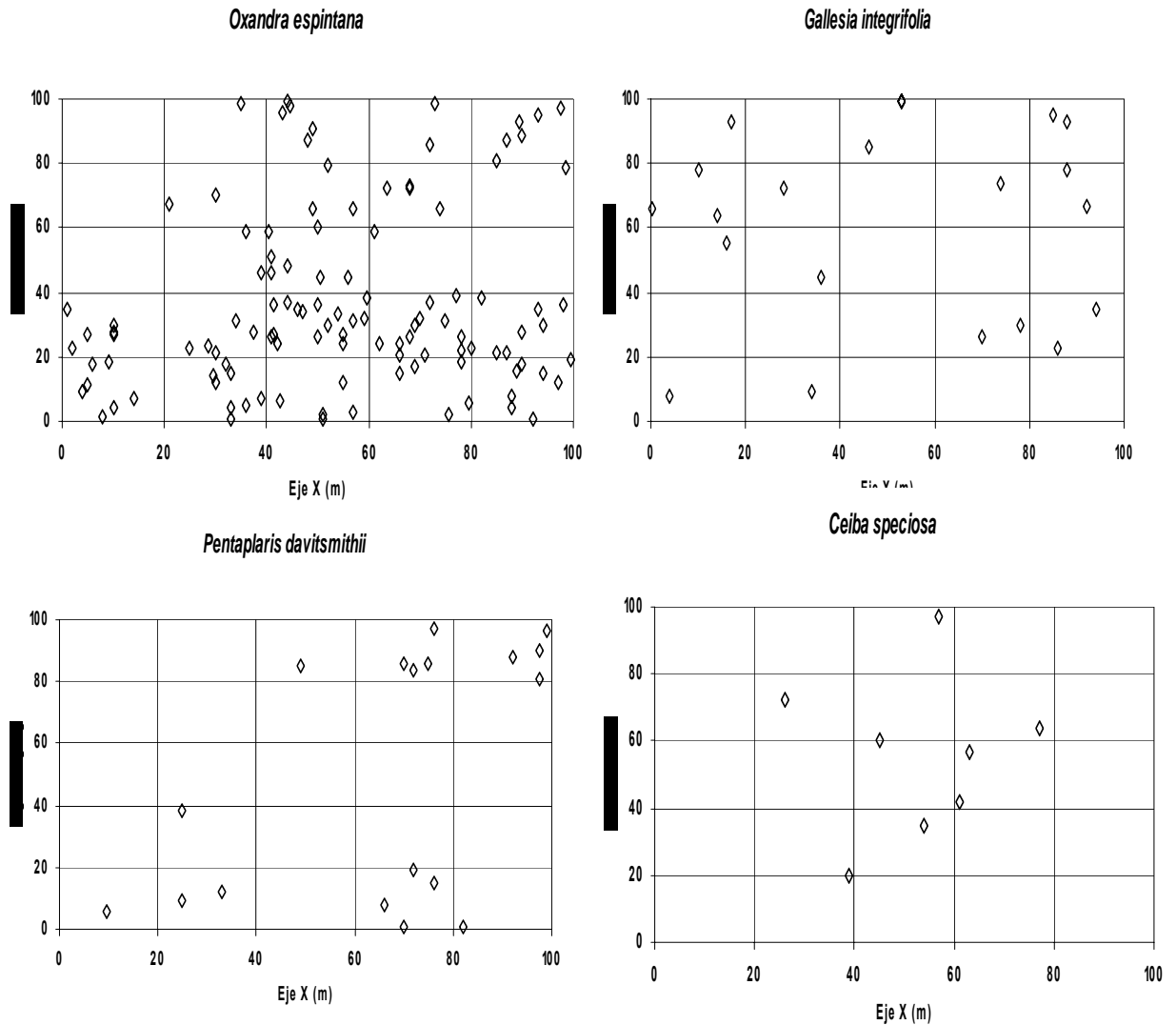
Figura 24. Especies con mayor peso ecológico dentro la parcela en fondo de valle en el bosque semidecíduo andino del sector de San Juan. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).



**Figura 25. Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVI), de 15 especies más importantes presentes en fondo de valle en el bosque semidecíduo andino del sector de San Juan.**

Según los datos de coordenadas de los ejes X-Y de los individuos censados, se pudo observar la siguiente distribución de las cuatro especies con mayor importancia ecológica dentro de fondo de valle; *Oxandra espintana*, *Gallesia integrifolia*, *Pentaplaris davithsmitii* y *Ceiba speciosa* en la figura 26.





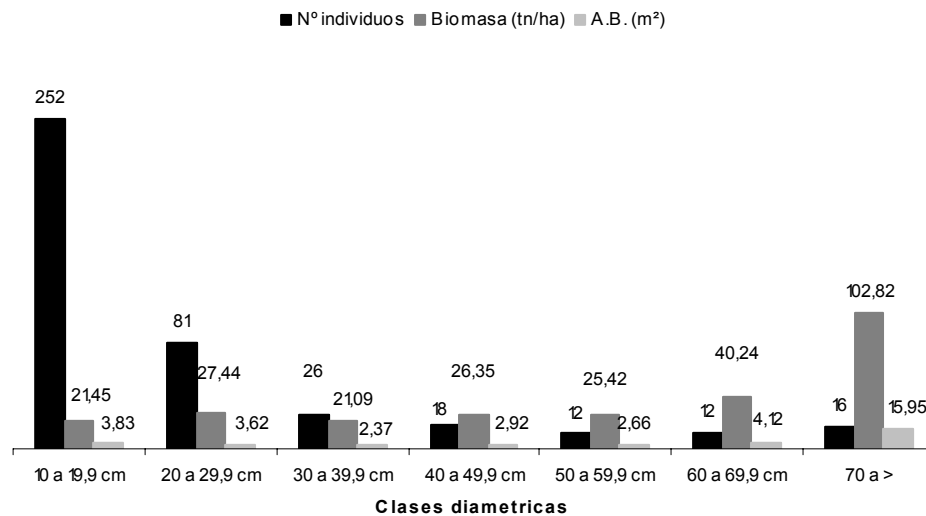
**Figura 26. Distribución dentro de la parcela de fondo de valle de *Oxandra espintana*, *Galesia integrifolia*, *Pentaplaris davithsmithii* y *Ceiba speciosa*.**

### 6.2.1.3. Estructura horizontal en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

La estructura horizontal basada en las clases diamétricas de 415 individuos sumaron 35,47 m<sup>2</sup>/ha de área basal. La distribución de individuos desarrolló una “J” invertida, por la mayor concentración de individuos en las clases diamétricas menores. El DAP máximo se dio en *Ceiba speciosa* con 138.2 cm, seguido otro

individuo de la misma especie con 128 cm; *Hura crepitans* con dos individuos de 125.5 y 120,9 cm; *Bougainvillea modesta* con 113 cm; *Gallesia integrifolia* y *Cariniana ianerensis* con 104 cm. El 60,72% presentaron DAP de 10 a 19,9 cm, y un 39,27% se distribuyó en clases diamétricas superiores; el DAP promedio del rodal fue de 16,53 cm (figura 27).

El área basal de 35,47 m<sup>2</sup>/ha, cuenta con una aproximación de valores para las clases diamétricas inferiores de 10 a 19,9 cm y 20 a 29,9 cm) que ocupan 3.83 y 3.62 m<sup>2</sup>/ha respectivamente. Mientras que las clases intermedias mantienen valores de área basal entre 2.37–4.12 m<sup>2</sup>/ha. Para fondo de valle la acumulación de área basal más alta fue entre las clases > 70 cm con 15.95 m<sup>2</sup>/ha. Según los datos representados de biomasa almacenada vs. numero de individuos; 252 incluidos entre las clases de 10 a 19.9 cm representaron un total de 21.45 tn/ha de biomasa, contrariamente 16 individuos entre las clases > a 70 cm indicaron 102.82 tn/ha de biomasa almacenada (Figura 27).



**Figura 27. Distribución de clases diamétricas, Nº de individuos, área basal y biomasa almacenada en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

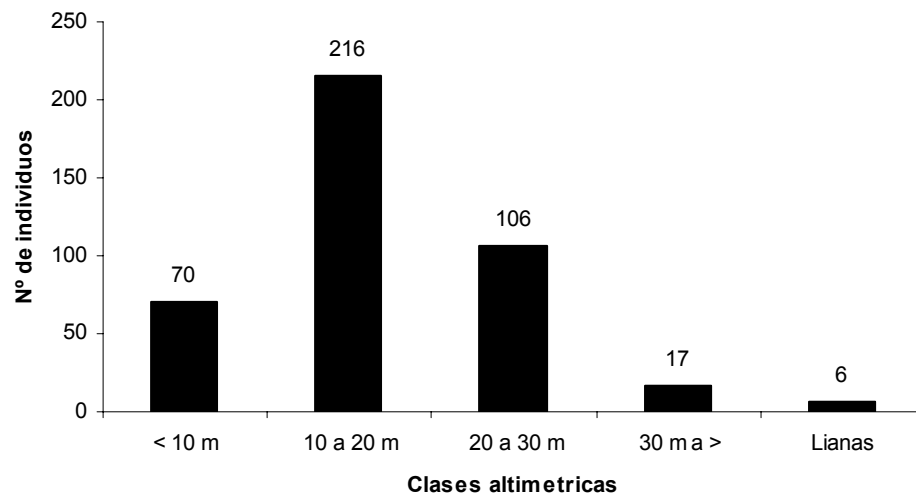
Observando las especies dentro la parcela de fondo de valle, para la clase 10 a 19,9 cm se encontraron 252 árboles, entre los cuales se registraron según el

alcance de su diámetro máximo a *Actinostemon concolor*, *Ampelocera ruizii*, *Astrocasia jacobinensis*, *Rauia resinosa*, *Piper amolago*; para la clase 20 a 29,9 cm se registraron 81 árboles siendo las especies más abundantes *Oxandra espintana*, *Trichilia pleeana*, *Pentaplaris davithsmitii*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Astronium fraxinifolium*, estas dos categorías diamétricas demuestran que esta formación boscosa es más densa entre estos niveles.

Consecutivamente la clase 30 a 39,9 cm registro a 26 árboles siendo los de mayor proporción *Myroxylon balsamun*, *Ormosia boliviensis*, *Guarea guidonia*, *Myrcianthes pseudomato* y *Chrysophyllum vel sp. nov.*; la clase 40 a 49,9 cm registro a 18 árboles siendo los más representativos *Batocarpus amazonicus*, *Chrysophyllum sp.*, *Junglans boliviana* y *Sapindus saponaria*; por otro lado las clases diamétricas superiores adicionaron otros 38 árboles entre los cuales se pueden mencionar a *Bougainvillea modesta*, *Gallesia integrifolia*, *Hura crepitans*, *Amburana cearensis*, *Ceiba speciosa* y *Celtis loxensis* por estar incluidos entre la clase diamétrica de > a 70 cm. Los árboles más altos (30 m a >) y más gruesos (70 cm a >) están representados por *Gallesia integrifolia*, *Hura crepitans* y *Bougainvillea modesta*.

#### **6.2.1.4. Estructura vertical en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

Se pudo observar tres estratos: subdosel, dosel y emergentes dentro del perfil vertical del bosque en la parcela de fondo de valle. La mayor parte de los individuos se encuentran en los estratos inferiores (entre 10 y 30,5 cm de diámetro), en la clase de < 10 m (16,86% del total) y estrato medio (entre 10 y 212 cm) de 10 a 20 m (52,04%), mientras que el estrato superior o dosel entre 20 a 30 y > 30 m (10,5 y 120,9 cm) presenta un menor número de individuos (29,63%) (Figura 28). Los individuos de mayor altura fueron de *Gallesia integrifolia* y *Hura crepitans* con 36 m.



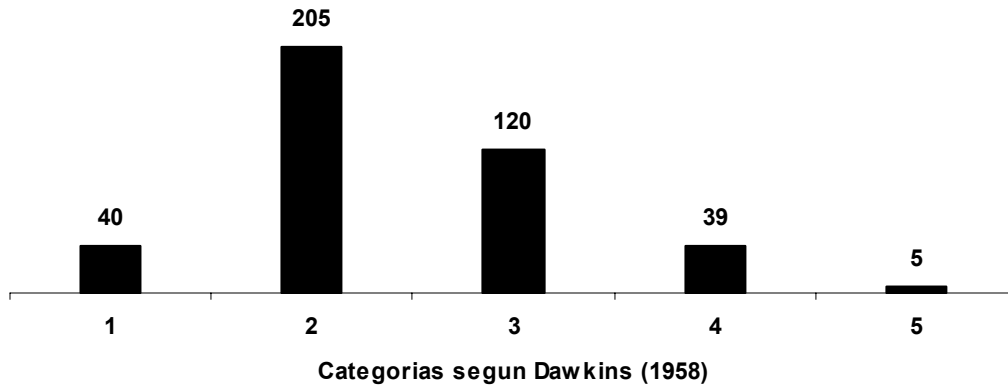
**Figura 28. Distribución de clases altimétricas y Nº de individuos en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Algunas de las especies más abundantes del estrato inferior fueron *Urera caracasana*, *Trichilia elegans*, *Swietenia macrophylla*, *Ruprechtia laxiflora*, *Piper amalago*, *Ocotea bofo* y *Randia armata*; en el estrato medio se ubicaron *Trichilia pleeana*, *Oxandra espintana*, *Pentaplaris davidsmithii*, *Actinostemon concolor*, *Chrysophyllum vel sp. nov.*, *Acacia polyphylla* y *Sweetia fruticosa*; y en el estrato superior se encontró a *Bougainvillea modesta*, *Amburana cearensis*, *Cariniana ianeirensis*, *Gallesia integrifolia*, *Hura crepitans*, *Ceiba speciosa*, *Myroxylon balsamun*.

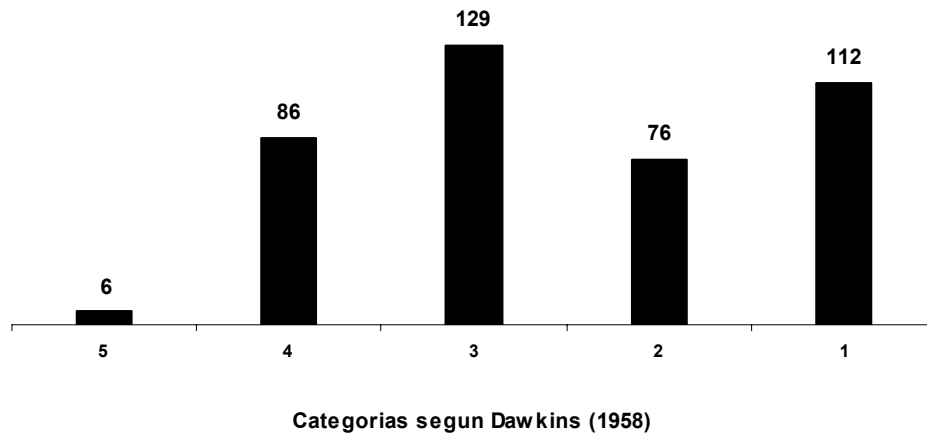
#### **6.2.1.5. Posición y forma de copa en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

Para la posición de copa dentro fondo de valle se registraron 6 individuos con ausencia de luz directa (categoría 5), 86 con poca iluminación superior (categoría 4), 129 con alguna iluminación superior (categoría 3), 76 con plena iluminación (categoría 2) y 112 con copa emergente (categoría 1), Según la forma de copa se registraron 40 individuos con una copa circular y simétrica (categoría 1) , 205 buenas o con alguna simetría (categoría 2); 120 con una copa tolerable (categoría

3) como , 39 con una copa de forma pobre (categoría 4) y 5 con una copa muy dañada (categoría 5) (Figuras 29 y 30).



**Figura 29. Número de árboles por categoría forma de copa en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**



**Figura 30. Número de árboles por categoría de posición de copa en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

### 6.2.1.6. Infestación por bejucos en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

La categoría con mayor número de individuos fue la 1 de los que se encuentran libres de bejucos, consecutivamente la categoría 2 con presencia en el fuste de bejucos registro a 59 individuos, la categoría 3 registro a 81 individuos clasificados con presencia leve en fuste y copa, la categoría 4 con presencia de bejucos en el fuste y copa contó con 71 individuos, los mismos que se distribuyen 27 individuos incluidos entre < 10 m de altura, 32 individuos entre 10 a 20 m y 11 entre 20 y 30 y > 30 m (figura 31).

Las lianas incluidas para esta descripción son *Arrabidaea pearcei* (Bignoniaceae), *Hiraea grandifolia* (Malphigiaceae), *Machaerium trifoliolatum* (Fabaceae) y *Serjania meridionalis* (Sapindaceae), y una especie de hemiepipfito; *Ficus trigona* (Moraceae).

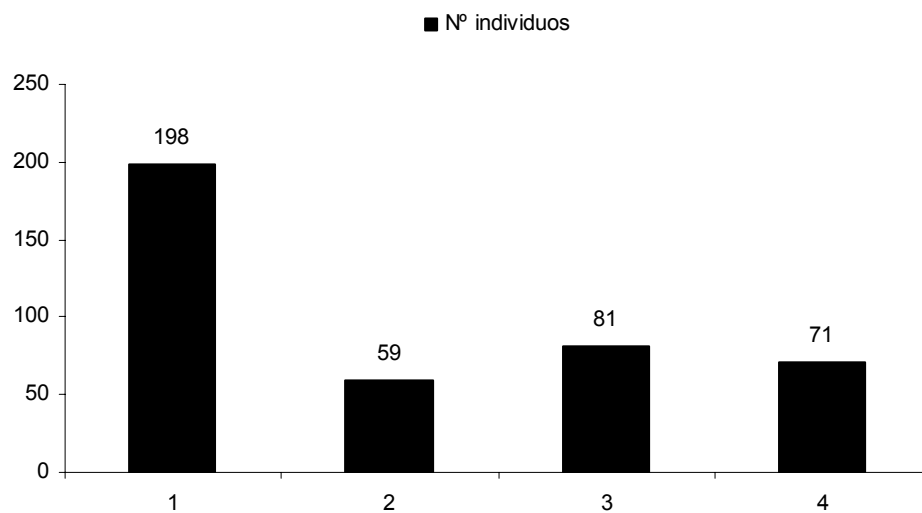


Figura 31. Infestación por bejucos en individuos en fondo de valle en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.

## **6.2.2. Composición florística y estructura de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

### **6.2.2.1 Importancia ecológica por familia de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

La abundancia de la parcela de ladera esta encabezada por la familia *Annonaceae* con 650 individuos (63,85%), consecutivamente la familia *Fabaceae* con 80 (7,86%), *Ulmaceae* con 58 (5,70%), *Capparaceae* con 33 (3,24%), *Sapotaceae* con 32 (3,14%), *Meliaceae* con 32 (3,14%), *Apocynaceae* con 24 (2,36%), posteriormente otras 17 familias (10,72%), que descienden gradualmente en abundancia.

Las familias que tienen mayor frecuencia entre las suparcelas son *Annonaceae* y *Fabaceae*, ambas con 25 individuos (11,74%), *Ulmaceae* con 21 (9,86%), *Capparaceae* con 18 (8,45%), *Apocynaceae* con 14 (6,57%), *Sapotaceae* con 12 (5,63%), *Meliaceae* con 12 (5,63%), y posteriormente 17 familias (40,39%) que completan la serie de frecuencias.

Las 25 subparcelas son dominadas por cinco familias: *Annonaceae* con 10,13 m<sup>2</sup>/ha de área basal (31,54%), *Fabaceae* con 6,92 m<sup>2</sup>/ha (21,55%), *Ulmaceae* con 3,99 m<sup>2</sup>/ha (12,42%), *Phytolacaceae* con 2,16 m<sup>2</sup>/ha (6,74%), *Anacardiaceae* con 1,92 m<sup>2</sup>/ha (5,99%), *Apocynaceae* con 1,48 m<sup>2</sup>/ha (4,60%), *Sapotaceae* con 1,44 m<sup>2</sup>/ha (4,49%) y otras 17 familias que aportan con 12,71% de peso ecológico representadas en la tabla 7 (Anexo 6).

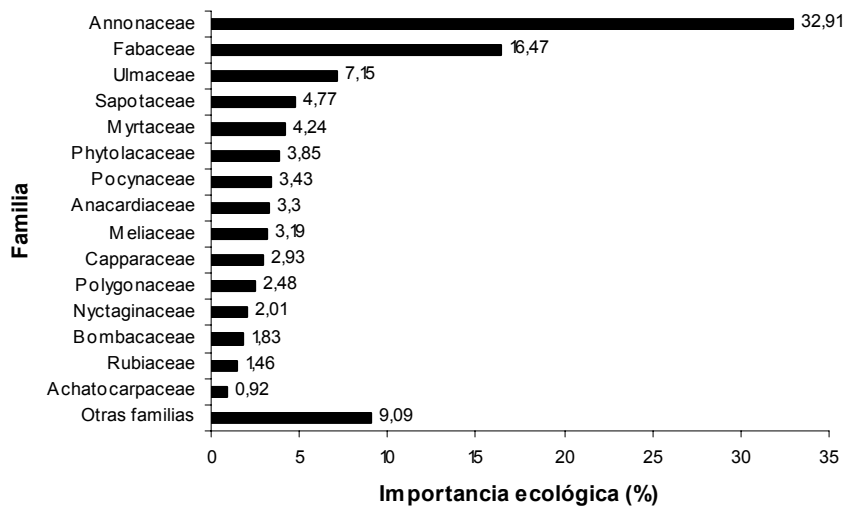
**Tabla 7. Importancia ecológica por familia (IVF) y sus componentes en la parcela de ladera (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Familia	N° sp.	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVF (%)
		Abs	%	Abs	%	Abs	%	
<i>Annonaceae</i>	2	650	63,85	10,13	31,54	25	11,74	32,91
<i>Fabaceae</i>	12	80	7,86	6,92	21,55	25	11,74	16,47
<i>Ulmaceae</i>	2	58	5,7	3,99	12,42	21	9,86	7,15
<i>Sapotaceae</i>	4	32	3,14	1,44	4,49	12	5,63	4,77
<i>Myrtaceae</i>	6	16	1,57	0,37	1,14	11	5,16	4,24
<i>Phytolaccaceae</i>	2	15	1,47	2,16	6,74	11	5,16	3,85
<i>Apocynaceae</i>	2	24	2,36	1,48	4,6	14	6,57	3,43
<i>Anacardiaceae</i>	2	6	0,59	1,92	5,99	5	2,35	3,3
<i>Meliaceae</i>	3	32	3,14	0,46	1,42	12	5,63	3,19
<i>Capparaceae</i>	2	33	3,24	0,71	2,2	18	8,45	2,93
Otras familias	23	72	7,09	2,53	7,95	59	27,72	17,79
Total	60	1018	100	32,11	100	213	100	100

La diversidad para esta sub-formación de bosque semideciduo estuvo representada por la familia *Fabaceae*, que estuvo representada por 12 especies, *Myrtaceae* 6 especies, *Sapotaceae* 4, *Meliaceae* 3, *Nyctaginaceae* 3, *Annonaceae* 2, *Ulmaceae* 2 y otras 17 familias con 28 especies que completan la diversidad introducidas en la tabla 6 (Anexo 6).

Las familias dominantes y abundantes de acuerdo a la proporción de diversidad florística mediante el Índice de Valor de Importancia por Familia, semejante a la parcela de fondo de valle, es la familia *Annonaceae* con 32,91%, posteriormente *Fabaceae* 16,47%, *Ulmaceae* 7,15%, *Sapotaceae* 4,77%, *Myrtaceae* 4,24%, *Phytolaccaceae* 3,85%, *Apocynaceae* 3,43%, tras estos valores otras 18 familias que representan 27,21% (figura 32; anexo 6).





**Figura 32. Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVF), de 15 familias más importantes presentes de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

#### **6.2.2.2. Importancia ecológica por especie de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

En esta sub-formación boscosa, los géneros más representativos fueron *Aspidosperma* (2 sp.), *Capparis* (2), *Ceiba* (2), *Chrysophyllum* (2), *Eugenia* (2), *Lonchocarpus* (2), *Myrcianthes* (2), *Neea* (2), *Ruprechtia* (2) y *Sebastiania* (2); los demás géneros se detallan en el Anexo 6.

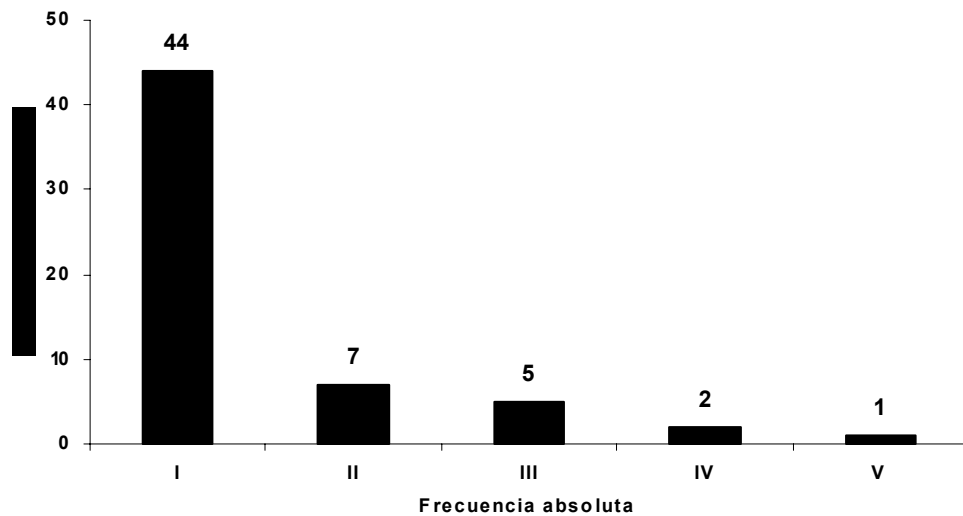
Para la densidad o abundancia de especies, *Oxandra espintana* tuvo una abundancia de 647 individuos (63,58%), *Phyllostylon rhamnoides* 57 (5,60%), *Capparis polyantha* 30 (2,95%), *Aspidosperma cylindrocarpon* 23 (2,26%), *Trichilia catigua* 21 (2,06%), *Myroxylon balsamun* con 19 (1,87%), *Anadenanathera colubrina* con 17 (1,67%), y otras 53 especies que significan un 20,05% del restante, observables en la tabla 8 y anexo 6.

**Tabla 8. Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes de ladera (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Nombre científico y morfotipos	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI (%)
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	
<i>Oxandra espintana</i>	647	63,56	10,1	31,44	25	9,69	34,9
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	57	5,6	3,98	12,38	21	8,14	8,71
<i>Anadenanthera colubrina</i>	17	1,67	3,72	11,59	12	4,65	5,97
<i>Gallesia integrifolia</i>	14	1,38	2,15	6,7	10	3,88	3,98
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	23	2,26	1,47	4,56	13	5,04	3,95
<i>Myroxylon balsamum</i>	19	1,87	1,6	4,97	12	4,65	3,83
<i>Capparis polyantha</i>	30	2,95	0,63	1,95	16	6,2	3,7
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	4	0,39	1,77	5,52	4	1,55	2,49
<i>Trichilia catigua</i>	21	2,06	0,3	0,94	11	4,26	2,42
<i>Machaerium scleroxylon</i>	15	1,47	0,47	1,46	10	3,88	2,27
Otras especies	171	16,81	5,94	18,51	124	48,14	27,73

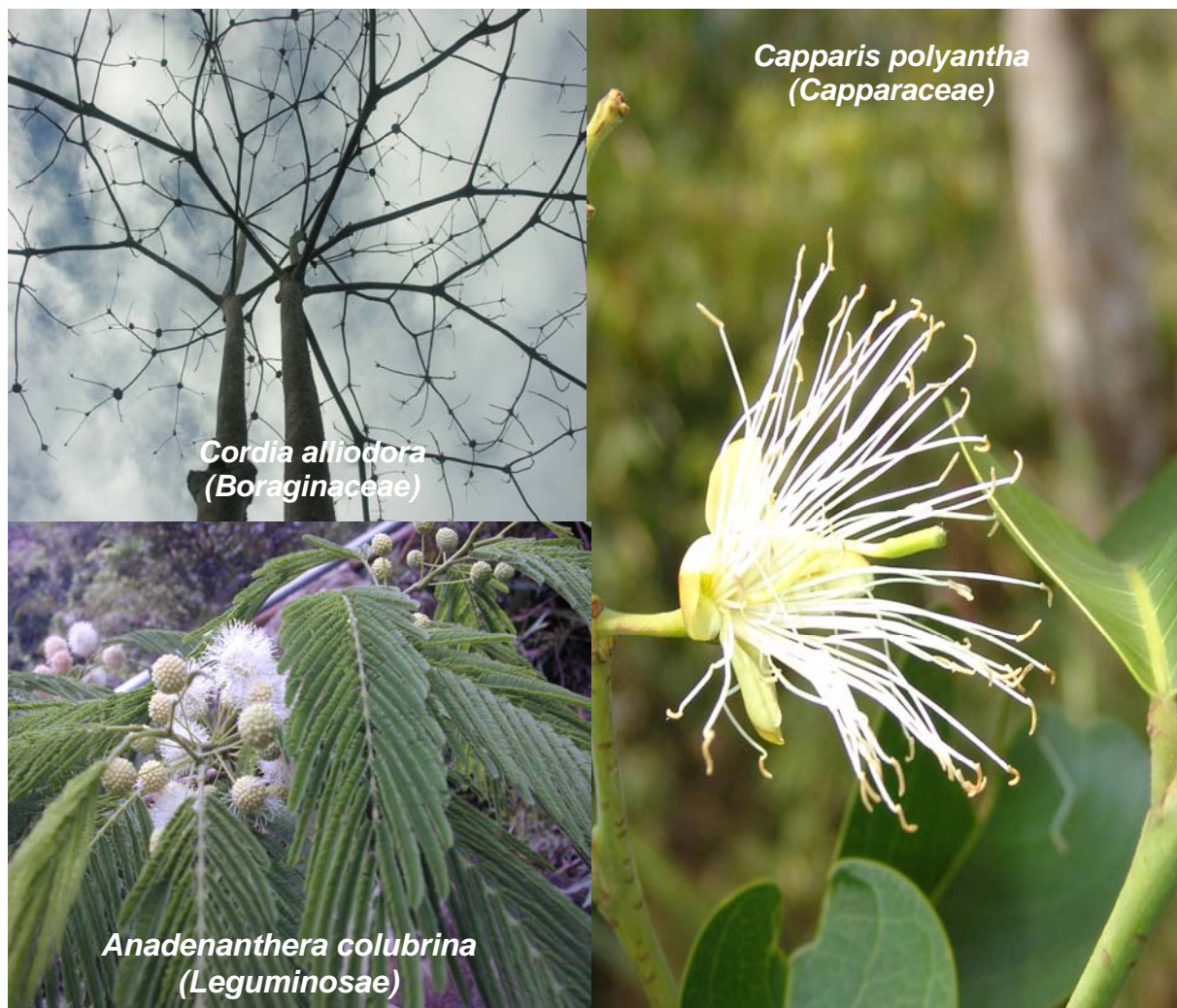
La mayor frecuencia de especies fue registrada por *Oxandra espintana* con 25 individuos (9,69%), seguido por *Phyllostylon rhamnoides* con 21 (8,14%), *Capparis polyantha* con 16 (6,20%), *Aspidosperma cylindrocarpon* con 13 (5,04%), *Anadenanthera colubrina* con 12 (4,65%), *Trichilia catigua* con 11 (4,26%), y otras especies que suman el 57,45%, con menor frecuencia.

El resultado obtenido para la dominancia de especies *Oxandra espintana* tuvo un total de 10,1 m<sup>2</sup>/ha (31,44%), *Phyllostylon rhamnoides* 3,98 m<sup>2</sup>/ha (12,38%), *Anadenanthera colubrina* con 3,72 m<sup>2</sup>/ha (11,59%), *Gallesia integrifolia* 2,15 m<sup>2</sup>/ha (6,70%), *Schinopsis brasiliensis* con 1,77 m<sup>2</sup>/ha (5,52%), *Myroxylon balsamun* con 1,6 m<sup>2</sup>/ha (4,97%), *Aspidosperma cylindrocarpon* con 1,47 m<sup>2</sup>/ha (4,56%) y 53 especies restantes con un total de 22,86% (tabla 8 y anexo 6).



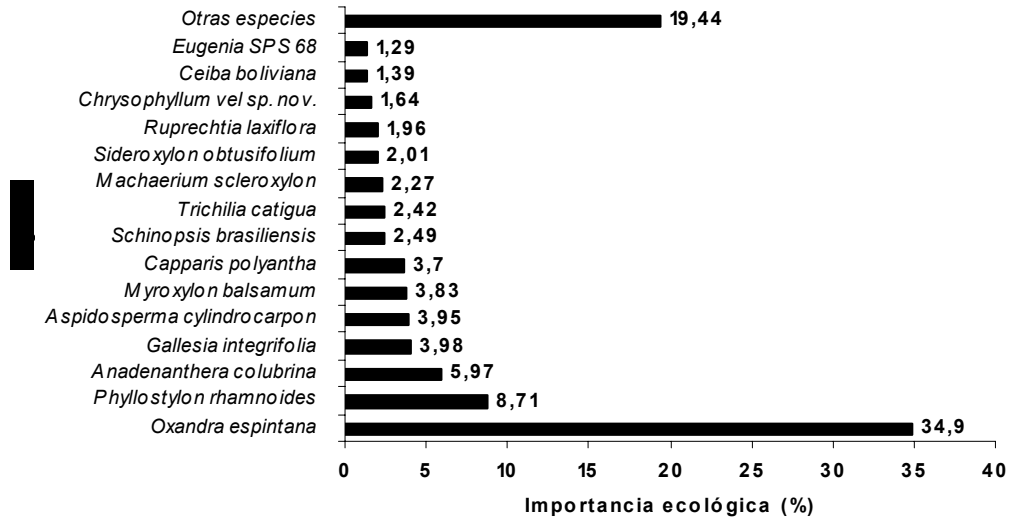
**Figura 33. Diagrama de frecuencias absolutas de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Del total de especies registradas en la parcela de ladera, 44 (74,58%) se registraron para la clase I: 7 (11,86%) para la clase II: 5 (8,47%) para la clase III: 2 (3,39%) para la clase IV y finalmente 1 (1,69%) para la clase I. Para la clasificación de Lamprecht (1990) este tipo de formación vegetal pertenecería a un bosque heterogéneo, por la mayor cantidad de especies incluidas en la clase I (figura 33).



**Figura 34. Especies con mayor peso ecológico dentro de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).**

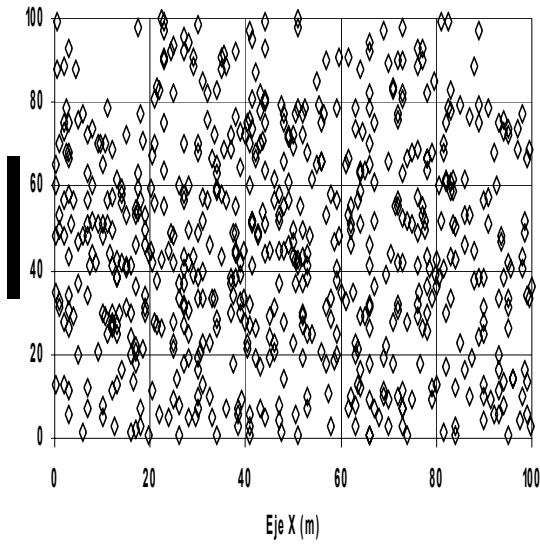
Las especies con mayor Índice de Importancia registradas fueron *Oxandra espiantana* (34,90%), *Phyllostylon rhamnoides* (8,71%), *Anadenanthera colubrina* (5,97%) (Figura 35), *Gallesia integrifolia* (3,98%), *Aspidosperma cylindrocarpon* (3,95%), *Myroxylon balsamun* (3,83%), *Capparis polyantha* (3,7%); otras 53 especies corresponden a 34,91% observables en la figura 34 y 35 (Anexo 6).



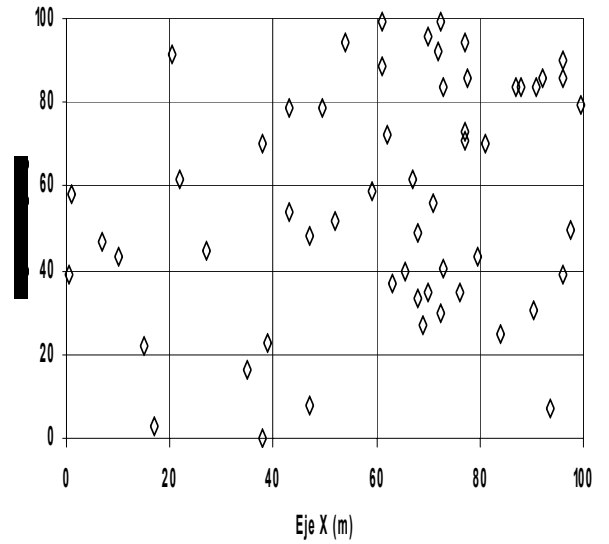
**Figura 35. Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVI), de 15 especies presentes de ladera en el bosque semidecidual andino del sector de San Juan.**

Según los datos de coordenadas de los ejes X-Y de los individuos censados, se pudo observar la siguiente distribución de cuatro especies con mayor importancia ecológica dentro del área; *Oxandra espintana*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Anadenanthera colubrina* y *Galesia integrifolia* (figura 36).

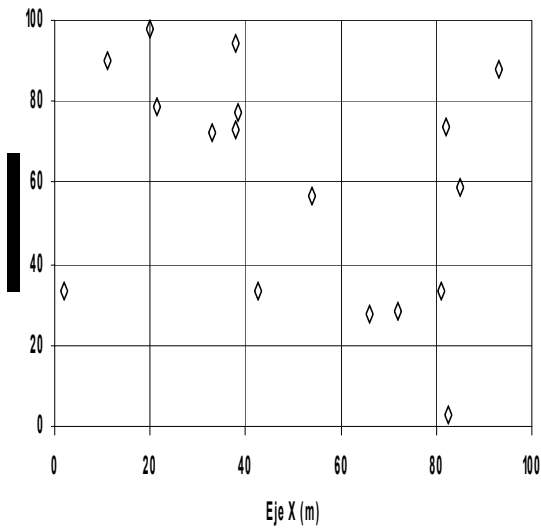
*Oxandra espintana*



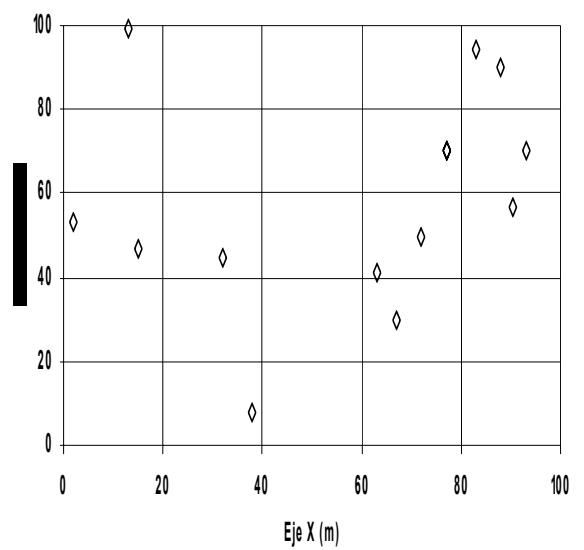
*Phyllostylon rhamnoides*



*Anadenanthera colubrina*



*Galesia integrifolia*



**Figura 36. Dispersión dentro de la parcela de ladera de *Oxandra espintana*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Anadenanthera colubrina* y *Galesia integrifolia*.**

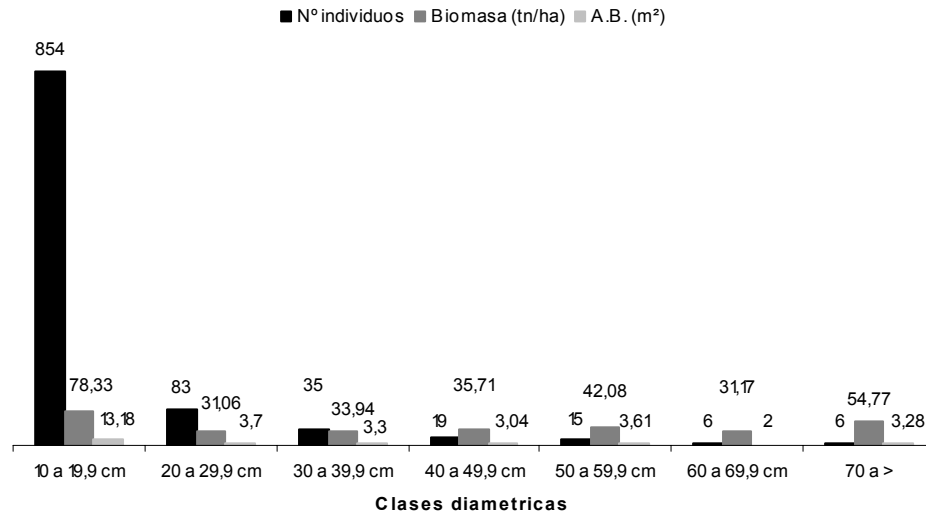
### 6.2.2.3. Estructura horizontal de ladera en el bosque semidecidual andino del sector de San Juan.

Se registraron 1.018 individuos que conjuntamente alcanzan 32,11 m<sup>2</sup>/ha de área basal. 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 19,9 cm con 13,18 m<sup>2</sup>/ha mientras que en las otras clases superiores se mantiene una relativa constancia de 2,00 - 3,70 m<sup>2</sup>/ha. Según los datos de biomasa almacenada en relación al número de individuos, indican que, para la clase 10 a 19,9 cm con 854 se almacena 78,33 tn/ha, mientras que para 6 individuos entre la clase > a 70 cm un total de 54,77 tn/ha de biomasa almacenada (figura 37).

El DAP máximo fue de *Schinopsis brasiliensis* con 100 cm, incluida en el estrato medio, posteriormente *Gallesia integrifolia* con 89,6 cm, *Anadenanthera colubrina* con 84,2 cm, *Phyllostylon rhamnoides* con 81,7 cm. El 83,69% presentaron DAP entre 10 a 19,9 cm. y solamente 16,30% en clases diamétricas superiores y el DAP promedio del rodal fue de 17,19 cm.

Para los análisis de estructura horizontal se registraron 854 árboles incluidos dentro la clase 10 a 19,9 cm entre los cuales se pueden mencionar a *Trichilia catigua*, *Trichilia elegans*, *Chrysophyllum vel sp. nov.*, *Achatocarpus praecox*, *Erythroxylum subrotundum*; para la clase 20 a 29,9 se incluyeron 83 árboles como *Oxandra espintana*, *Capparis polyantha*, *Terminalia triflora*, *Lonchocarpus obtusus*, *Myrcianthes sp.*, consecutivamente la clase 30 a 39,9 cm se registraron 35 árboles entre los cuales estuvieron *Astronium urundeuva*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Sweetia fruticosa*, *Machaerium scleroxylon*, *Bougainvillea modesta*; posteriormente la clase 40 a 49,9 cm presentó 19 árboles entre los cuales solo *Sideroxylon obtusifolium* presentó su diámetro máximo, y finalmente 27 árboles incluidos entre las clases diamétricas superiores se distribuyeron en especies como *Anadenanthera colubrina*, *Schinopsis brasiliensis*, *Phyllostylon rhamnoides*,

*Galesia integrifolia* y *Ruprechtia laxiflora*. Los árboles más altos (> a 30 m) y más gruesos (70 cm a >) fueron *Schinopsis brasiliensis* y *Phyllostylon rhamnoides*.



**Figura 37. Distribución de clases diamétricas y Nº de individuos, área basal y biomasa de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

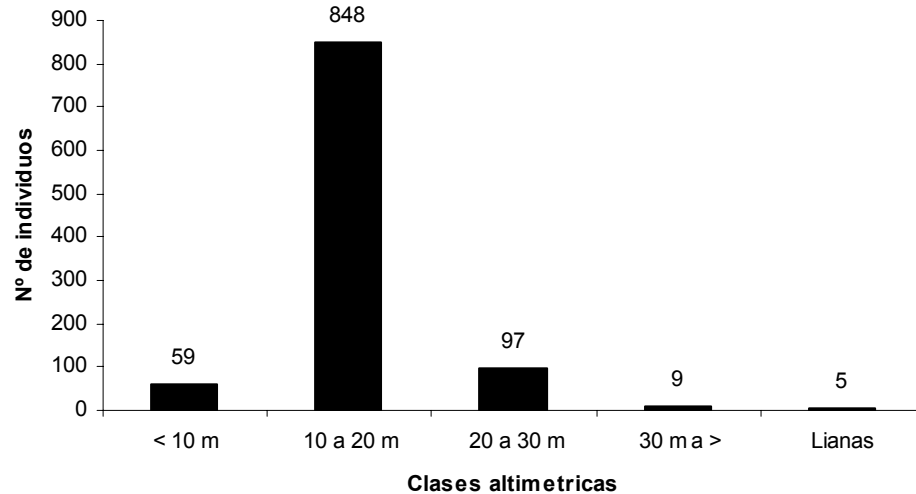
#### 6.2.2.4. Estructura vertical de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

En ladera resultaron tres estratos, al igual que fondo de valle; subdosel, dosel y emergentes; el 5,79% del total de los individuos se registraron en el estrato inferior, es decir < a 10 m (con 10 a 59,5 cm de diámetro); 83,30% de los individuos en el estrato medio de 10 a 20 m (10 a 84,2 cm) y posteriormente 10,41% en el estrato superior del rodal de 20 a > 30 m (12,4 y 81,7 cm). La altura máxima registrada fue de *Phyllostylon rhamnoides* y *Amburana cearensis* con 37 m, la altura promedio para el rodal fue de 14,75 m (figura 38).

El estrato inferior se presentaron entre las especies más abundantes *Cordia alliodora*, *Guetarda viburnoides*, *Myrcia fallax*, *Neea bagii*, *Ruprechtia apetala*, *Urera baccifera*; en el estrato medio *Oxandra espintana*, *Capparis polyantha*, *Trichilia catigua*, *Chrysophyllum vel sp. nov*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Ixora*



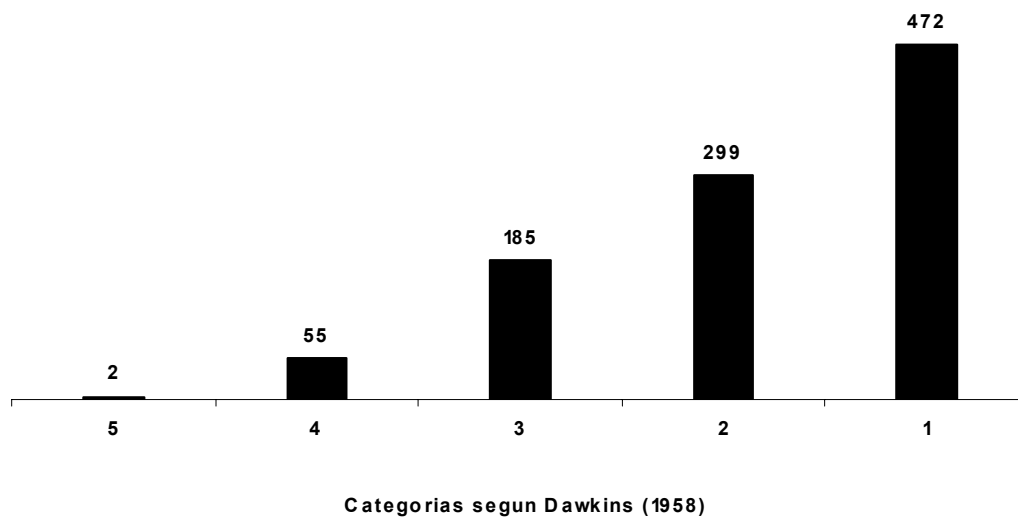
*brevifolia*, *Nectandra megapotamica*; y en el dosel *Myroxylon balsamun*, *Amburana cearensis*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Anadenanthera colubrina*, *Gallesia integrifolia*, *Phyllostylon rhamnoides* y *Schinopsis brasiliensis*.



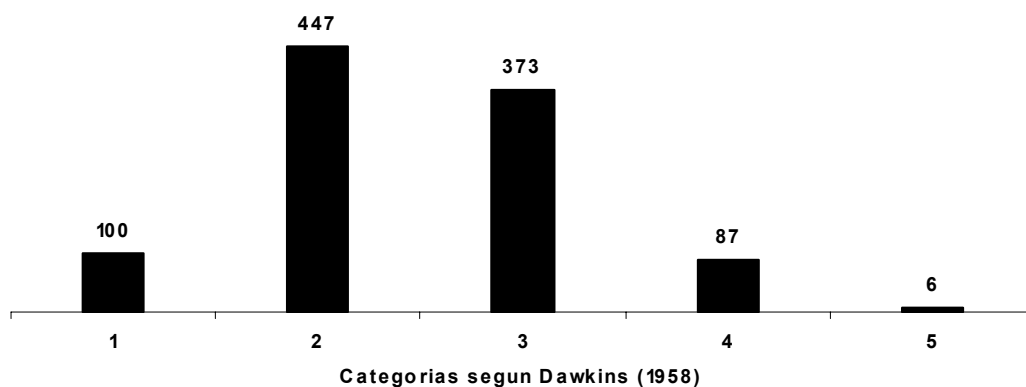
**Figura 38. Distribución de clases altimétricas y Nº de individuos de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

#### **6.2.2.5. Posición y forma de copa de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

Según las categorías de posición de copa se contabilizaron 472 individuos con una posición emergente (categoría 1), 299 con plena iluminación superior (2), 185 con iluminación superior parcial (categoría 3), 55 con luz lateral parcial (categoría 4) y 2 sin luz directa (categoría 5), En lo referente a la forma de copa se registraron 100 individuos con copas perfectas (categoría 1), 447 con buena forma de copa y con buena simetría (2), 373 con una forma tolerable (3), 87 con una forma pobre, con pocas ramas (4) y 6 con una copa dañada (5) (figura 39 y 40) .



**Figura 39. Número de árboles por categoría de posición de copa de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

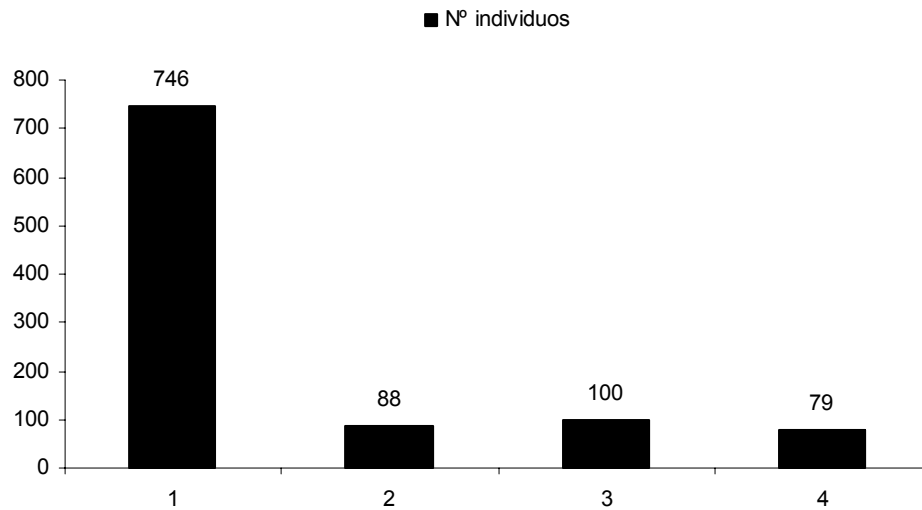


**Figura 40. Número de árboles por categoría forma de copa de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

#### **6.2.2.6. Infestación por bejucos de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

Se registraron un total de 1.013 árboles, los restantes 5 individuos fueron lianas, como *Melloa quadrivalvis* (*Bignoniaceae*), *Piptadenia viridiflora* (*Fabaceae*), *Seguiera americana* (*Phytolacaceae*), *Celtis brasiliensis* (*Ulmaceae*) y *Mascagnia*

*poepigiana* (*Malpigiaceae*). Entre la categoría 1 libre de bejucos se contabilizaron 746 individuos, la categoría 2 con presencia de bejucos en el fuste registro a 88, la categoría 3 con presencia leve en fuste y copa registro a 100 y la categoría 4 con presencia en el fuste y copa afectando el desarrollo del individuo a 79, los que estuvieron repartidos en 10 individuos en < a 10 m de altura, 63 entre 10 a 20 m, y 6 entre 20 a 30 m (figura 41).



**Figura 41. Infestación por bejucos en los individuos de ladera en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

### **6.2.3. Composición florística y estructura de cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

#### **6.2.3.1. Importancia ecológica por familia de cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

Para la parcela de cima la abundancia estuvo encabezada por la familia *Fabaceae* con 158 individuos (20,82%), *Myrtaceae* con 120 (15,81%), *Annonaceae* con 77(10,14%), *Sapotaceae* con 69 (9,09%), *Meliaceae* con 56 (7,38%), *Bignoniaceae* con 37 (4,87%), *Rubiaceae* con 36 (4,74%), restando 206 individuos (27,15%).

Así mismo las familias más frecuentes fueron *Fabaceae* con 25 individuos (9,03%), *Myrtaceae* con 24 (8,66%), *Sapotaceae* con 22 (7,94%), *Annonaceae* con 22 (7,22%), *Meliaceae* con 22 (7,22%), *Bignoniaceae* con 19 (6,86%), *Rubiaceae* con 18 (6,50%), subsiguientemente 46,56% de familias restantes completan la lista de familias incluidas en esta frecuencia.

Por lo que toca a la dominancia, se presentó la familia *Fabaceae* (28,49%) con 8,03 m<sup>2</sup>/ha de área basal, *Anacardiaceae* (14,35%) con 4,04 m<sup>2</sup>/ha, *Myrtaceae* (9,37%) con 2,64 m<sup>2</sup>/ha, *Apocynaceae* (7,13%) con 2,01 m<sup>2</sup>/ha, *Annonaceae* (5,55%) con 1,56 m<sup>2</sup>/ha, *Bignoniaceae* (5,10%) con 1,44 m<sup>2</sup>/ha, *Meliaceae* (4,52%) con 1,27 m<sup>2</sup>/ha, las demás familias representan un 7,22 m<sup>2</sup>/ha (25,54%) de área basal detalladas en la tabla 9 y anexo 7.

**Tabla 9. Importancia ecológica por familia (IVF) y sus componentes de cima (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Familia	N° sp.	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVF (%)
		Abs	%	Abs	%	Abs	%	
<i>Fabaceae</i>	19	158	20,82	8,03	28,49	25	9,03	22,97
<i>Myrtaceae</i>	14	120	15,81	2,64	9,37	24	8,66	13,2
<i>Annonaceae</i>	3	77	10,14	1,56	5,55	20	7,22	6,26
<i>Sapotaceae</i>	5	69	9,09	1,27	4,5	22	7,94	6,25
<i>Anacardiaceae</i>	2	17	2,24	4,04	14,35	12	4,33	6,22
<i>Meliaceae</i>	4	56	7,38	1,27	4,52	20	7,22	5,34
<i>Apocynaceae</i>	4	30	3,95	2,01	7,13	13	4,69	5,07
<i>Bignoniaceae</i>	4	37	4,87	1,44	5,1	19	6,86	4,7
<i>Moraceae</i>	5	27	3,56	1,23	4,35	10	3,61	4,35
<i>Lauraceae</i>	3	34	4,48	0,85	3	15	5,42	3,52
Otras familias	34	134	17,66	3,87	13,69	97	35,01	22,14
Total	97	759	100	28,21	100	277	100	100

La mayor diversidad de la parcela de cima tuvo la familia *Fabaceae* con 19 especies, *Myrtaceae* con 14, *Sapotaceae* con 5, *Moraceae* con 5, *Apocynaceae*, *Bignoniaceae* y *Meliaceae* con 4, seguida de 26 familias distribuidas entre 42 especies presentadas en la tabla 9 y anexo 7.

Al mencionar la importancia ecológica de las familias, nos referimos normalmente a las familias dominantes, diversas y abundantes de esta parcela, para la cual la

familia *Fabaceae* mostró 22,97%, *Myrtaceae* 13,2%, *Annonaceae* 6,26%, *Sapotaceae* 6,25%, *Anacardiaceae* 6,22%, *Meliaceae* 5,34%, *Apocynaceae* 5,07%, consecutivamente otras 26 familias que completaron con 34,71% del índice de importancia por familia (figura 42 y anexo 7).

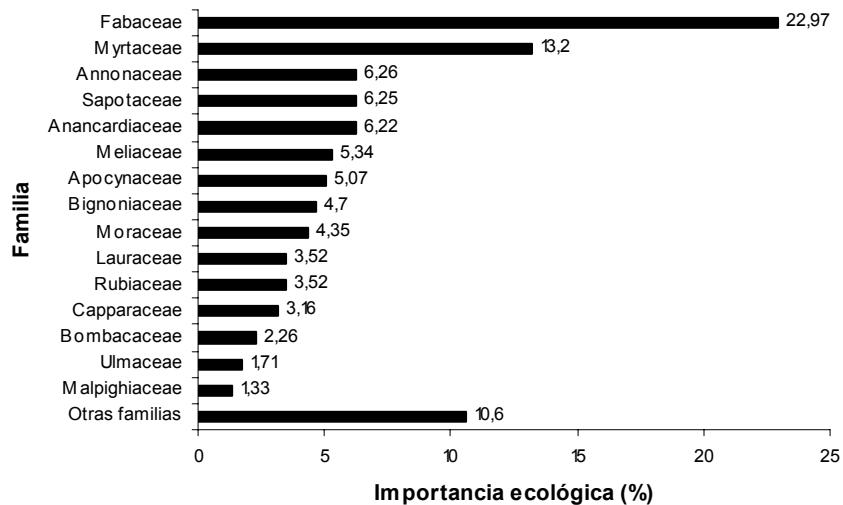


Figura 42. Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por Familia (IVF), de 15 familias presentes en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.

### 6.2.3.2. Importancia ecológica por especie de cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

Analizando los géneros más representativos de cima en serranía estuvieron presentes *Trichilia* (3 sp), *Inga* (3), *Eugenia* (7), *Chrysophyllum* (3), *Aspidosperma* (3), *Capparis* (3), *Ceiba* (2), *Machaerium* (3), *Myrcianthes* (2), *Neea* (2), *Myrcia* (2), *Tabebuia* (2), *Ficus* (2), los demás géneros están detallados en el anexo 7.

La mayor abundancia de especies fue para *Oxandra espintana* con 72 individuos (9,49%), *Myroxylon balsamun* con 60 (7,91%), *Myrcia fallax* con 44 (5,80%), *Chrysophyllum vel sp. nov.*, (4,35%), con 33, *Ixora breviflora* (3,82%) con 29, *Pouteria sp. 1*(3,82%) con 29, *Nectandra megapotamica* (3,56%) con 27, y posteriormente otros 465 individuos (61,24%). Referente a los valores de frecuencia

de especies *Myrcia fallax* tuvo 21 individuos (4,75%), *Oxandra espintana* 20 (4,52%), *Myroxylon balsamun* 20 (4,52%), *Pouteria sp.* con 17 (3,85%), *Chrysophyllum vel sp. nov* 16 (6,32%), *Ixora brevifolia* 15 (3,39%), *Tabebuia impetiginosa* 15 (3,39%), además de otros que hacen un total de 71,98%. Las especies claramente dominantes fueron *Schinopsis brasiliensis* con 3,53 m<sup>2</sup>/ha (12,51%), *Myroxylon balsamun* con 2,29 m<sup>2</sup>/ha (8,11%), *Stryphonodendron guianense* con 1,72 m<sup>2</sup>/ha (6,11%), *Oxandra espintana* con 1,43 m<sup>2</sup>/ha (5,08%), *Amburana cearensis* con 1,07 m<sup>2</sup>/ha (3,79%), *Aspidosperma cylindrocarpon* con 0,9 m<sup>2</sup>/ha (3,19%), *Aspidosperma rigidum* con 0,9 m<sup>2</sup>/ha (3,18%) y otras especies que adicionan un 36,16 m<sup>2</sup>/ha (58,04 %) del restante total en la tabla 10 (Anexo 7).

**Tabla 10. Importancia ecológica por especies (IVI) y sus componentes en cima (Abs: valor absoluto, %: valor porcentual) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Nombre científico y morfotipos	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI (%)
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	
<i>Myroxylon balsamum</i>	60	7,91	2,29	8,11	20	4,52	6,85
<i>Oxandra espintana</i>	72	9,49	1,43	5,08	20	4,52	6,36
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	11	1,45	3,53	12,51	9	2,04	5,33
<i>Myrcia fallax</i>	44	5,8	0,48	1,7	21	4,75	4,08
<i>Chrysophyllum vel sp. nov.</i>	33	4,35	0,55	1,93	16	3,62	3,3
<i>Ixora brevifolia</i>	29	3,82	0,69	2,43	15	3,39	3,22
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	22	2,9	0,88	3,13	15	3,39	3,14
<i>Pouteria SPS 158</i>	29	3,82	0,45	1,61	17	3,85	3,09
<i>Acacia loretensis</i>	25	3,29	0,6	2,14	14	3,17	2,87
<i>Trichilia maynasiana</i>	25	3,29	0,76	2,69	10	2,26	2,75
Otras especies	409	53,87	16,54	58,68	285	64,51	59,01

Los resultados obtenidos por medio de la clasificación de Lamprecht (1990) se determina un bosque heterogéneo, por la concentración de especies entre las clases I con 68 (70,83%) individuos, la clase II con 14 (14,58%), la clases III con 7 (7,29%), la clase IV con 4 (4,17%), y la clase V con 3 (3,13%) (Figura 43).

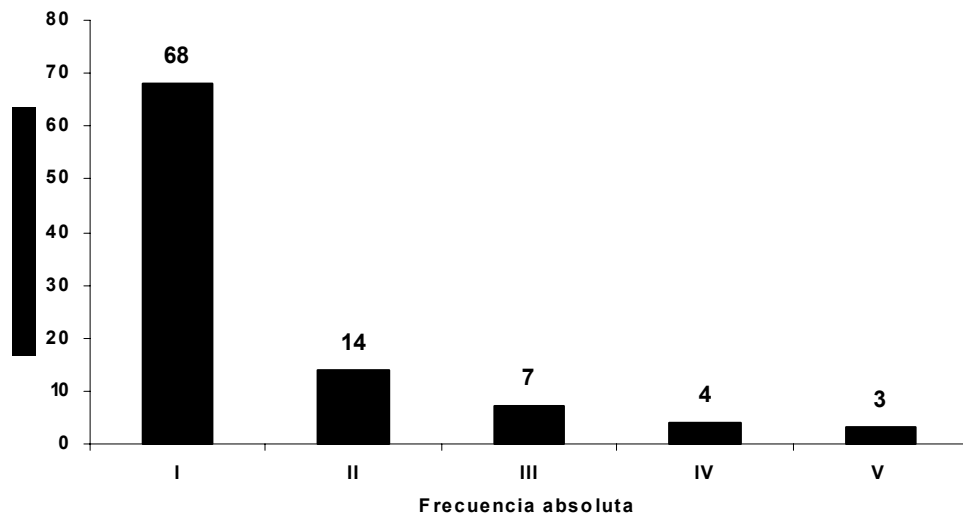
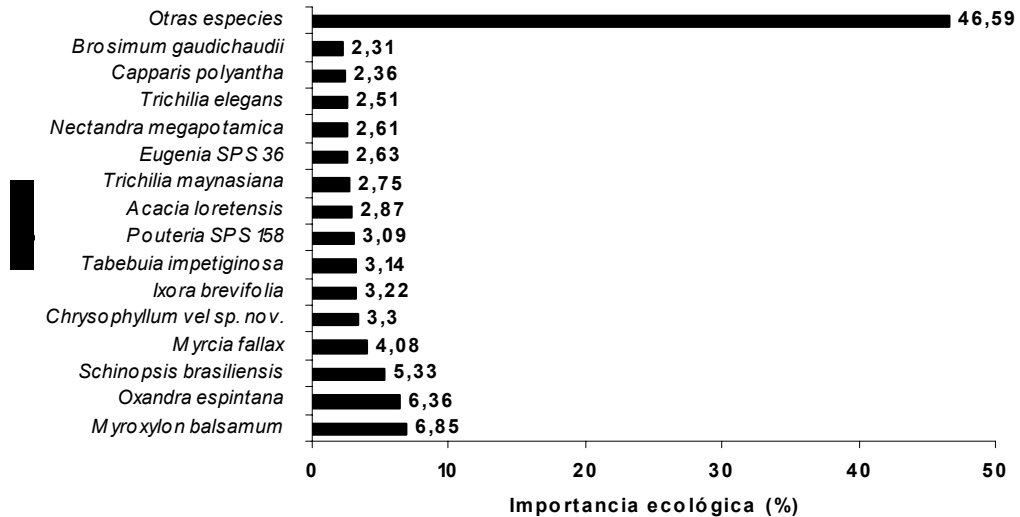


Figura 43. Diagrama de frecuencias absolutas de cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.



Figura 44. *Myroxylon balsamum*, especie con mayor peso ecológico en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan. Proyecto Inventario Florístico de la región Madidi, (2005).

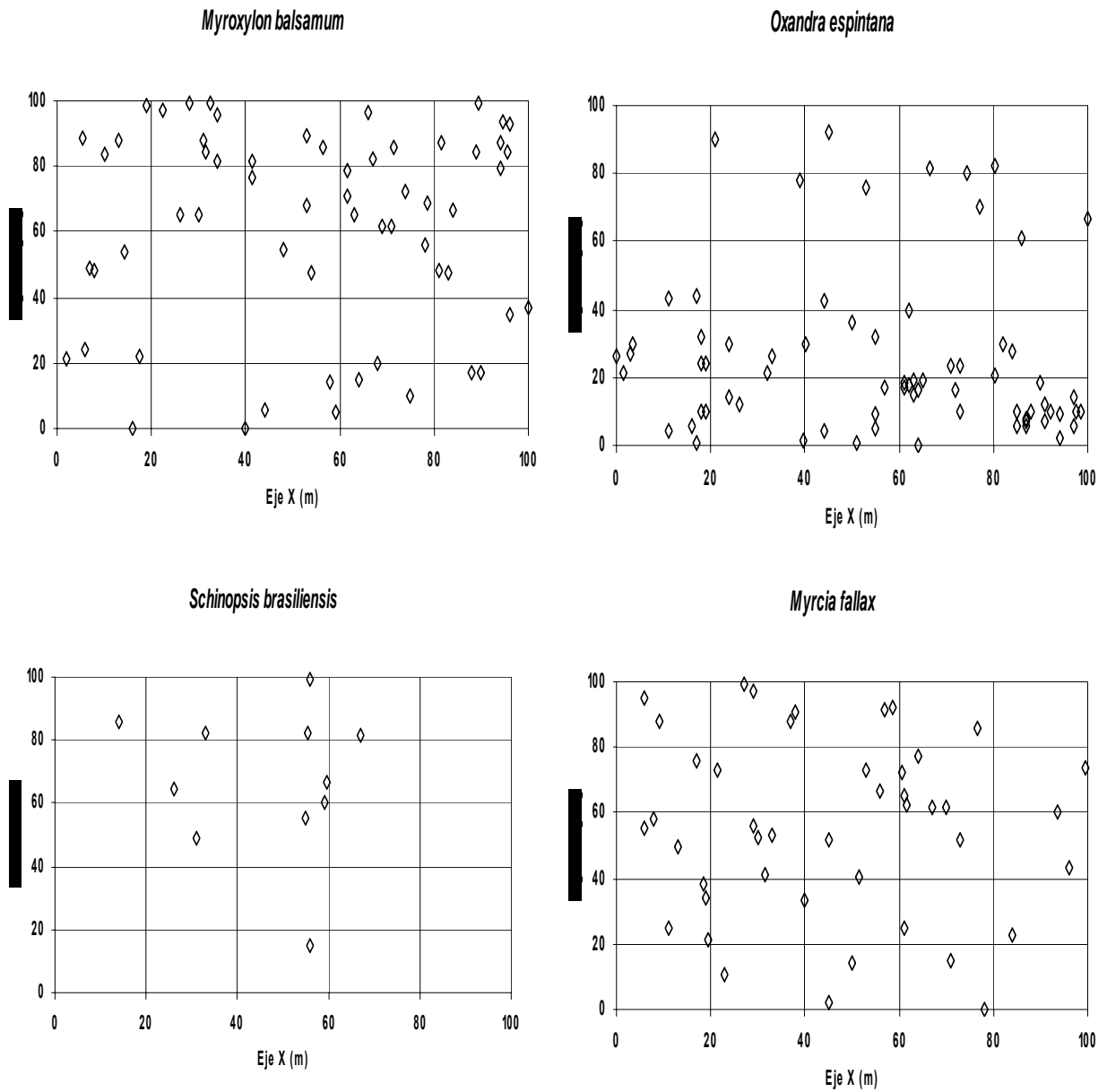
Entre resultados obtenidos en el análisis de importancia ecológica, *Myroxylon balsamun* presento 6,85% (figura 44), *Oxandra espintana* 6,38%, *Schinopsis brasiliensis* 5,33%, *Myrcia fallax* 4,08%, *Chrysophyllum vel sp. nov.*, 3,30%; *Ixora brevifolia* 3,22%, *Tabebuia impetiginosa* 3,14%, como se puede observar en la figura 47, las demás especies fijaron un 64,63% de importancia ecológica (figura 45, anexo 7).



**Figura 45. Representación porcentual del Índice de Importancia Ecológica por especie (IVI), de 15 especies presentes en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Según los datos de coordenadas de los ejes X-Y de los individuos censados, según las cuatro especies con mayor importancia ecológica dentro de cima se pudo observar la siguiente distribución de *Myroxylon balsamum*, *Oxandra espintana*, *Schinopsis brasiliensis* y *Myrcia fallax* en la figura 46.





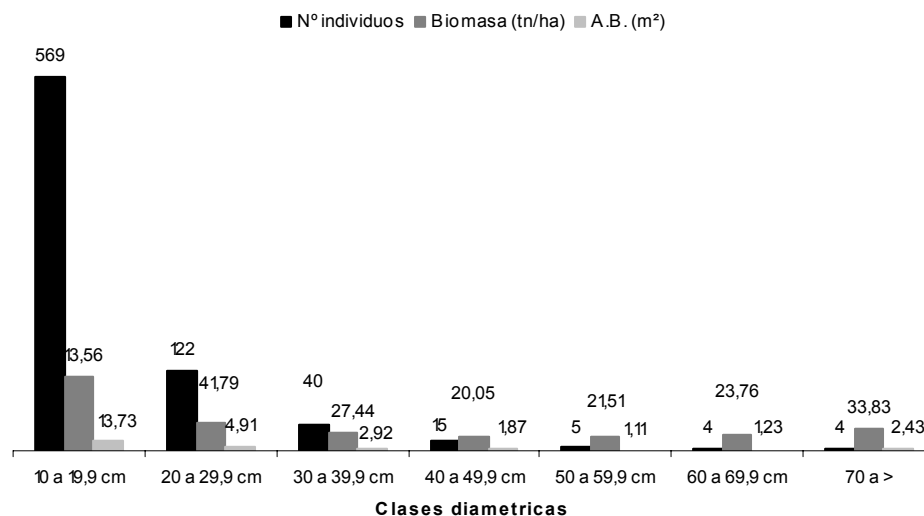
**Figura 46. Dispersión dentro de la parcela de cima de *Myroxylon balsamum*, *Oxandra espintana*, *Schinopsis brasiliensis* y *Myrcia fallax*.**

### 6.2.3.3. Estructura horizontal en cima en el bosque semidecíduo andino del sector de San Juan

Se encontraron 759 individuos repartidos en 28,20 m<sup>2</sup>/ha de área basal, al igual que las anteriores formaciones boscosas mostró un patrón de “J” invertida en su

distribución diamétrica; el DAP máximo fue para *Stryphonodendron guianense* con 116 cm consecutivamente siguen *Schinopsis brasiliensis* con 93,3 cm, *Stryphonodendron guianense* con 92 cm. El 72,20% de los individuos esta incluido en la clase inferior diamétrica y 27,79% entre las clases superiores, el DAP promedio del rodal fue de 18,83 cm. La mayor parte del área basal acoge a las clases diamétricas inferiores de 10 a 19,9 cm; 20 a 29,9 cm; 30 a 39,9 cm, sumándose 22,16 m<sup>2</sup>/ha y el restante 4,15 m<sup>2</sup>/ha distribuido en clases diamétricas superiores de 40 a >70 cm. Según la relación entre el numero de individuos y biomasa almacenada para la clase 10 a 19.9 cm indica que existe 548 individuos con 115.17 tn/ha de biomasa, mientras que para 5 individuos entre la clase > a 70 cm se relaciona con 25.47 tn/ha de biomasa almacenada (figura 47).

Para este rodal la mayoría de los individuos, es decir 569 se incluyeron en la clase 10 a 19,9 cm, entre los cuales estuvieron *Banara tomentosa*, *Capparis amplissima*, *Ceiba boliviana*, *Piptadenia viridiflora*, *Pseudolmedia laevigata*, en la clase 20 a 29,9 se registraron 122 individuos, como *Acacia loretensis*, *Capparis polyantha*, *Ixora brevifolia*, *Machaerium scleroxylon*, *Trichilia elegans*; mientras que la clase 30 a 39,9 cm con 45 individuos, figuran *Astronium urundeuva*, *Ceiba speciosa*, *Chrysophyllum vel sp. nov.*, *Inga striata*, *Brosimum gaudichaudii*; consecutivamente la clase 40 a 49,9 cm incluyeron 15 individuos, a los que corresponden *Amburana cearensis*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Anadenanthera colubrina*, *Cariniana estrellensis*, *Myroxylon balsamum* y *Oxandra espinosa*; finalmente los restantes 13 individuos ubicados en clases diamétricas > 70 cm, se pudo mencionar a *Aspidosperma rigidum*, *Machaerium scleroxylon*, *Schinopsis brasiliensis*, *Stryphonodendron guianense*, *Trichilia elegans*. La especie más alta (> a 30 m) y la más gruesa (> a 70 cm de DAP) fue *Schinopsis brasiliensis*, seguida de otro árbol de la misma especie, posteriormente se incluyen *Cariniana estrellensis* y *Eugenia*.

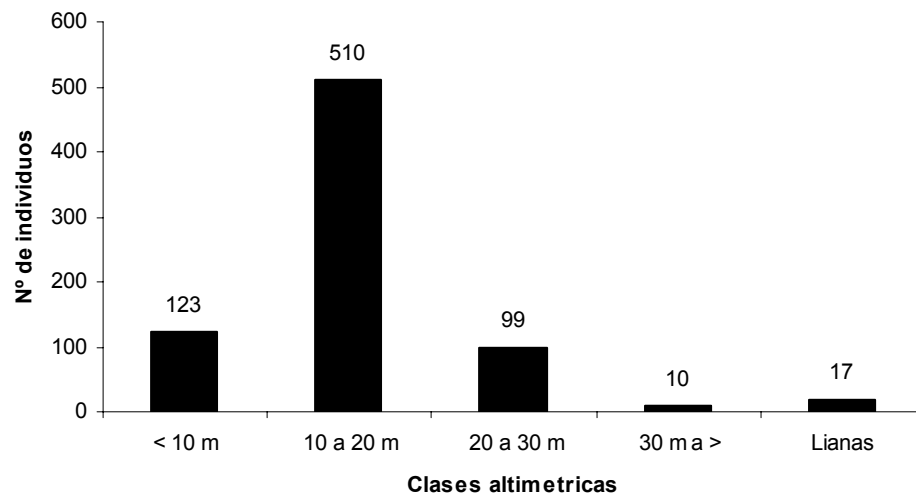


**Figura 47. Distribución de clases diamétricas vs, N° de individuos, área basal y biomasa almacenada en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

#### **6.2.3.4. Estructura vertical en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

En los cálculos efectuados se ha registrado 759 individuos, por lo que en el estrato inferior de > a 10 m se encuentra el 16,20% del total de individuos (10 a 33,6 cm de diámetro), el estrato medio de 10 a 20 m se registra el 67,19% (10 y 64,4 cm) y en estrato superior (clases 20 a > 30 m.) el 14,36% (12,1 y 93,3 cm.) (figura 48).

En el estrato inferior predominaron especies como *Urera baccifera*, *Neea bangii*, *Sorocea guilleminiana*, *Inga ingoides*, *Inga marginata*, *Capparis coimbrana*, *Roupala montana*; el estrato medio presentó *Oxandra espiñana*, *Myroxylon balsamun*, *Ixora brevifolia*, *Trichilia maynesiana*, *Chrsophyllum vel sp. nov*, *Nectandra megapotamica*, *Trichilia elegans*; el estrato superior presento especies como *Tabebuia impetiginosa*, *Tabebuia ochraceae*, *Amburana cearensis*, *Brosimun gaudichaudii*, *Cariniana estrellensis*, *Myroxylon balsamun*, *Schinopsis brasiliensis* .



**Figura 48. Distribución de clases altimétricas y Nº de individuos en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

#### **6.2.3.5. Posición y forma de copa en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

Según la clasificación hecha por Dawkins (1958) se obtuvieron los siguientes datos según la posición de copa; 260 individuos registran copas emergentes (categoría 1), 195 con plena iluminación superior (categoría 2), 105 con una iluminación superior parcial (categoría 3), 153 con luz lateral parcial (categoría 4), y 27 sin luz directa (categoría 5). En lo referente a la forma de copa, se registraron 11 individuos con forma perfecta (1), 204 con una buena copa con alguna asimetría (2), 273 con una forma tolerable (3), 206 con una copa pobre (2) y 47 con una copa muy dañada (1) (figuras 49 y 50).

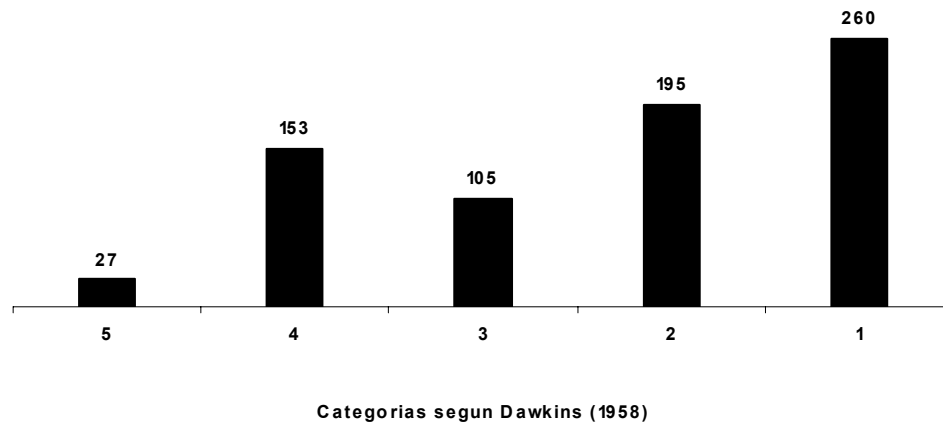


Figura 49. Número de árboles por categoría de posición de copa en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.

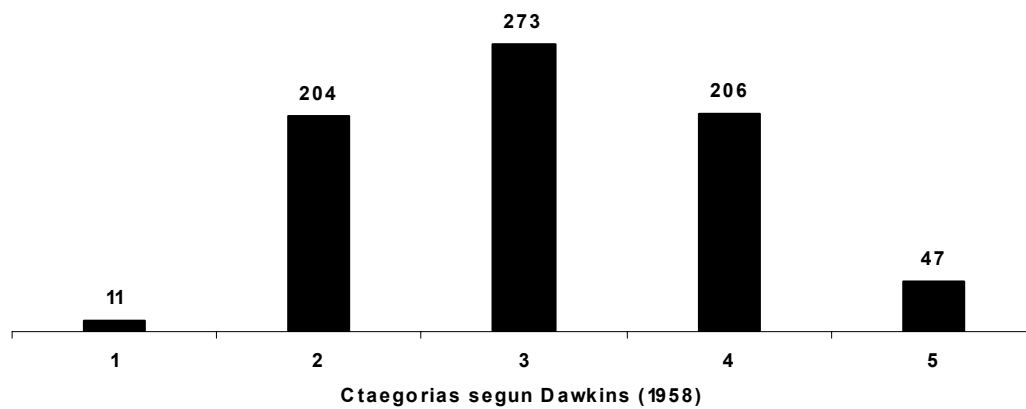


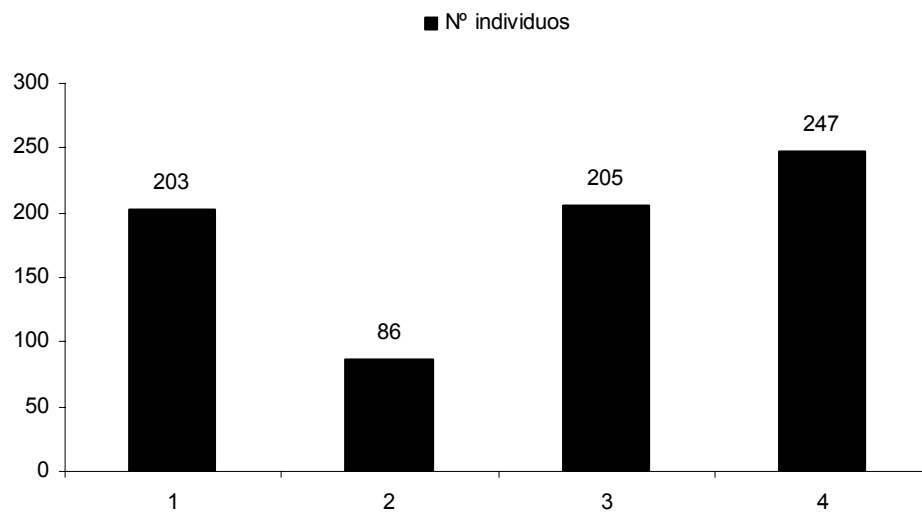
Figura 50. Número de árboles por categoría forma de copa en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.

#### 6.2.3.6. Infestación por bejucos en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

Se distribuyó a 742 árboles entre 4 categorías, los restantes 17 fueron lianas entre las cuales estuvieron *Macfadyena sp.* (*Bignoniaceae*), *Tynanthus schumannii*

*(Bignoniaceae)*, *Piptadenia viridiflora* (*Fabaceae*), *Forsteronia australis* (*Apocynaceae*), *Ficus cuatrecasana* (*Moraceae*), *Heteropterys nervosa* (*Malpighiaceae*), y *Hebanthe occidentalis* (*Amaranthaceae*).

La categoría 1 libre de bejucos registro a 203 individuos, la 2 con presencia de bejucos en el fuste a 86, la 3 con presencia en el fuste y copa a 205, y la 4 con presencia en el fuste y copa afectando el desarrollo del hospedero a 247 los que están repartidos en 59 individuos incluidos entre las clases < a 10 m de altura, 160 entre 10 a 20 m y 28 entre 20 a 30 y > a 30 m (figura 51).



**Figura 51. Infestación por bejucos en individuos en cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

### 6.3. Cambios de la diversidad, composición y variables dasométricas en relación con el gradiente altitudinal y/o diversidad beta del bosque semideciduo andino del sector de San Juan

#### 6.3.1 Relación de la diversidad, composición, variables dasométricas con el gradiente altitudinal del bosque semideciduo andino del sector de San Juan

El análisis de riqueza de familias, géneros y especies demostró un patrón ascendente correlacionado con el gradiente altitudinal desde los 850 m (27 familias, 48 géneros y 55 especies) a 935 m (24 familias, 48 géneros y 60 especies) y 1.050 m (33 familias, 72 géneros y 96 especies), pero si con el gradiente si tomamos en cuenta el número de familias y especies (riqueza) registradas en cada subformación boscosa, el promedio de riqueza que nos arroja para cada gradiente o parcela es de 28 familias y 70 especies; tomando en cuenta el número de géneros encontrados en cada una de las alturas propuestas para el gradiente (40 a los 850 m; 48 a los 935 m; 72 a los 1.050 m), se puede sacar una aproximación de 56 géneros por área estudiada. Por su parte el número de individuos censados (415, 1.018, 759 respectivamente) no llevaron una relación aparente con la riqueza (figura 52).

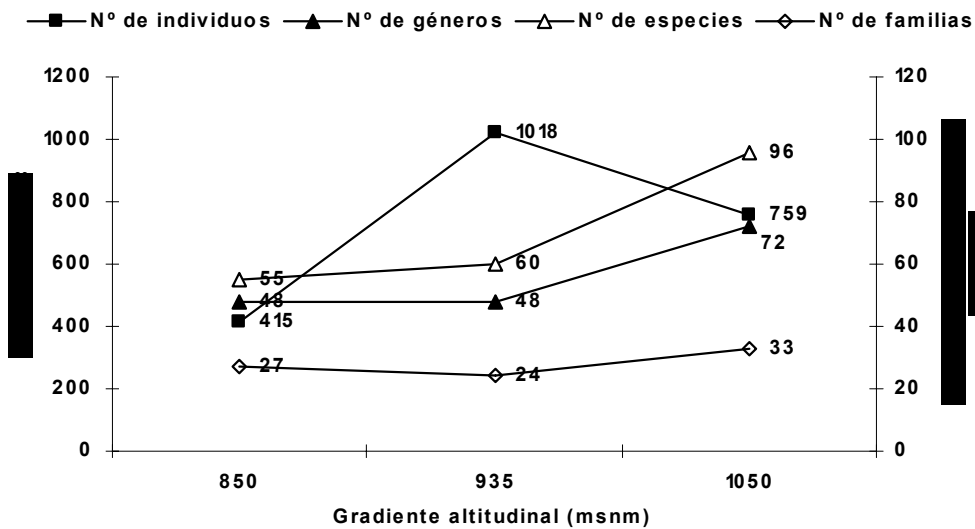
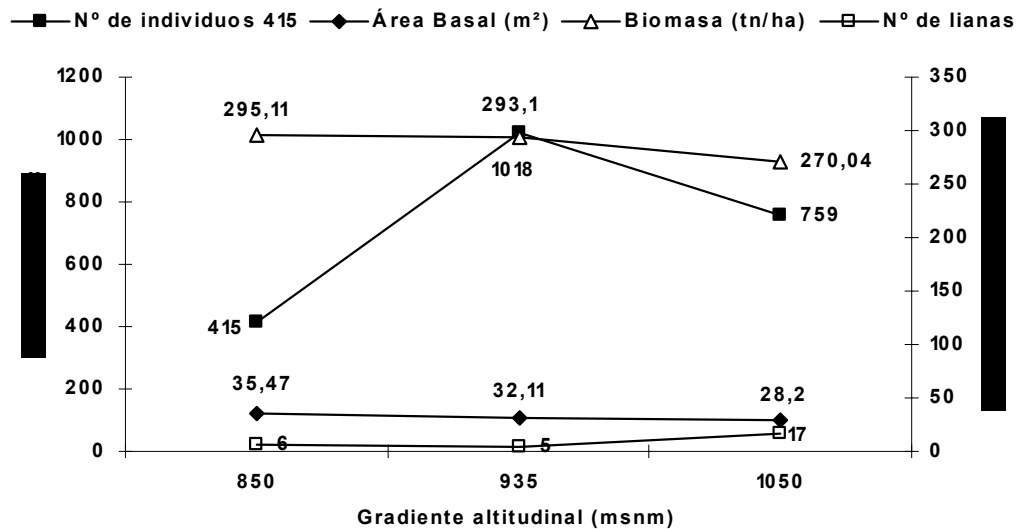


Figura 52. Diversidad en relación al gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.

La cantidad de individuos entre altitudes varía bruscamente de 415 – 1.018 – 759 desde los 850 m a los 1.050 m, sin embargo el área basal muestra tendencia a bajar a medida que se sube en altitud de 35,47 m<sup>2</sup>/ha a 850 m, 32,11 m<sup>2</sup>/ha a 935 m y 28,2 m<sup>2</sup>/ha a 1.050 m de altitud, el promedio de área basal es de 31,92 m<sup>2</sup>/ha entre las altitudes propuestas (figura 53). En lo que respecta a la biomasa almacenada muestra un decremento de 295,11 tn/ha a 850 m, 293,1 tn/ha a 935 m, y 270,04 tn/ha a 1.050 m de altitud. En el caso de la abundancia de lianas esta tiende a incrementarse hacia altitudes mayores, de 5 lianas a 850 m (un hemiepífito) a 17 lianas censadas a 1.050 m de latitud (figura 53 y tabla 11).



**Figura 53. Estructura florística en relación al gradiente altitudinal en el bosque semidecíduo andino del sector de San Juan.**

La familia *Fabaceae* muestra dos especies de lianas distribuidas a los 850 m y 1.050 m, *Machaerium trifoliolatum* a los 850 m, *Piptadenia viridiflora* a los 935 y 1.050 m; *Moraceae* con *Ficus trigona* (hemiepífito) a los 850 m y *Ficus cuatrecasana* (hemiepífito) a los 1.050 m; la familia *Bignoniaceae* con *Arrabidaea pearcei* a los 850 m; *Melloa quadrivalvis* en a los 935 m, *Macfadyena sp.* y *Tynanthus schumannii* a los 1.050 m.

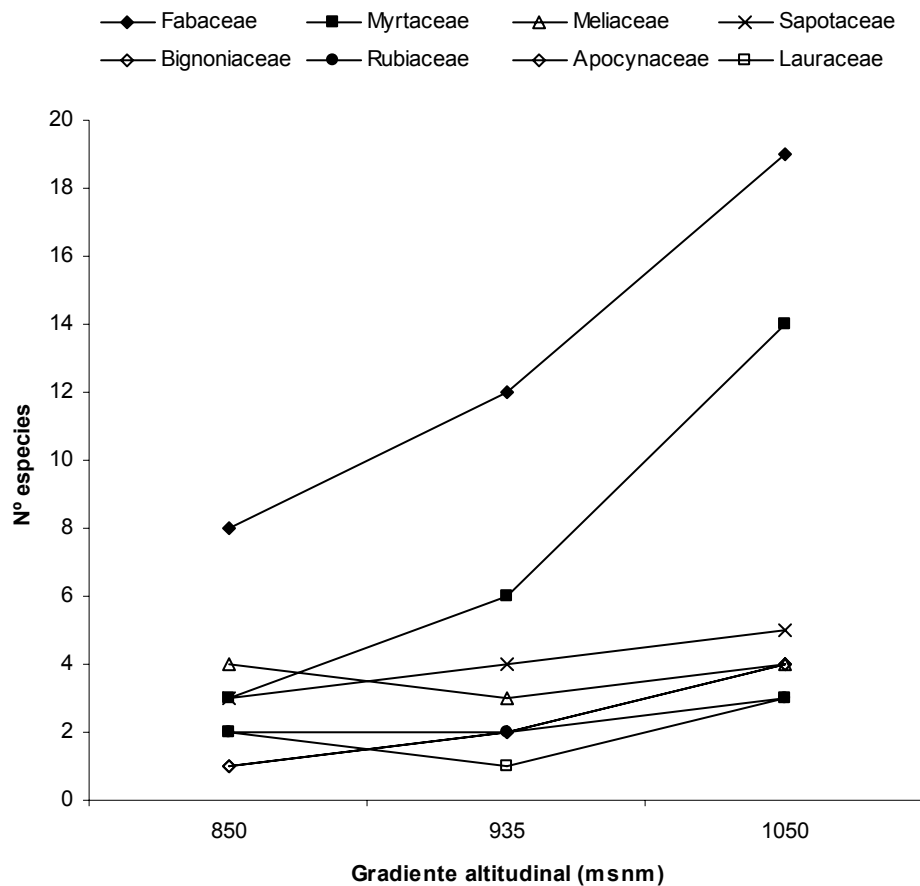


**Tabla 11. Distribución de familias y especies de lianas y hemiepifitos según el gradiente altitudinal en el bosque semidecíduo andino del sector de San Juan.**

Altitud (msnm)	Familia	Nombre científico	Nº ind.
850	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Arrabidaea pearcei</i>	1
Hemiepífito	<i>Moraceae</i>	<i>Ficus trigona</i>	2
	<i>Malphigiaceae</i>	<i>Hiraea grandifolia</i>	1
	<i>Fabaceae</i>	<i>Machaerium trifoliolatum</i>	1
	<i>Malphigiaceae</i>	<i>Mascagnia poeppigiana</i>	1
	<i>Sapindaceae</i>	<i>Serjania meridionalis</i>	1
935	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Melloa quadrivalvis</i>	1
	<i>Fabaceae</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>	2
	<i>Phytolaccaceae</i>	<i>Seguieria americana</i>	1
	<i>Ulmaceae</i>	<i>Celtis brasiliensis</i>	1
1.050	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Macfadyena</i> sp. 1	1
	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tynanthus schumannianus</i>	1
	<i>Fabaceae</i>	<i>Piptadenia viridiflora</i>	9
	<i>Apocynaceae</i>	<i>Forsteronia australis</i>	2
	<i>Moraceae</i>	<i>Ficus cuatrecasana</i>	1
	<i>Malphigiaceae</i>	<i>Heteropterys nervosa</i>	1
	<i>Sapotaceae</i>	<i>Pouteria SPS 158</i>	1
	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Hebanthe occidentalis</i>	1

Se realizó una distribución de acuerdo al número de especies y número de individuos registrados para las diez familias con mayor diversidad en relación al gradiente altitudinal de 850, 935 y 1.050 msnm; también tomamos datos de la familia *Lauraceae* por ser esta una familia indicadora de humedad en el ambiente y una familia andina clásica. La familia *Fabaceae* mostró 8 especies a los 850 m con 50 individuos, a los 935 m se registraron 12 especies con 80 individuos y a los 1.050 m un total de 19 especies distribuidos en 158 individuos, por lo que se observa una relación claramente ascendente entre los trazos de número de individuos y especies referente al gradiente altitudinal propuesto. *Myrtaceae* registra 3 especies con 4 individuos a los 850 m, mientras que a los 935 m se registraron 6 especies con 16 individuos y a los 1.050 m 14 especies repartidas en 120 individuos, lo que demuestra aumento de especies en relación al gradiente altitudinal. En lo referente a la familia *Meliaceae* con 4 especies y 27 individuos para los 850 m, 3 especies con 32 individuos a los 935 m, y 4 especies con 56 individuos a los 1.050 m; al igual que las anteriores familias las líneas muestran

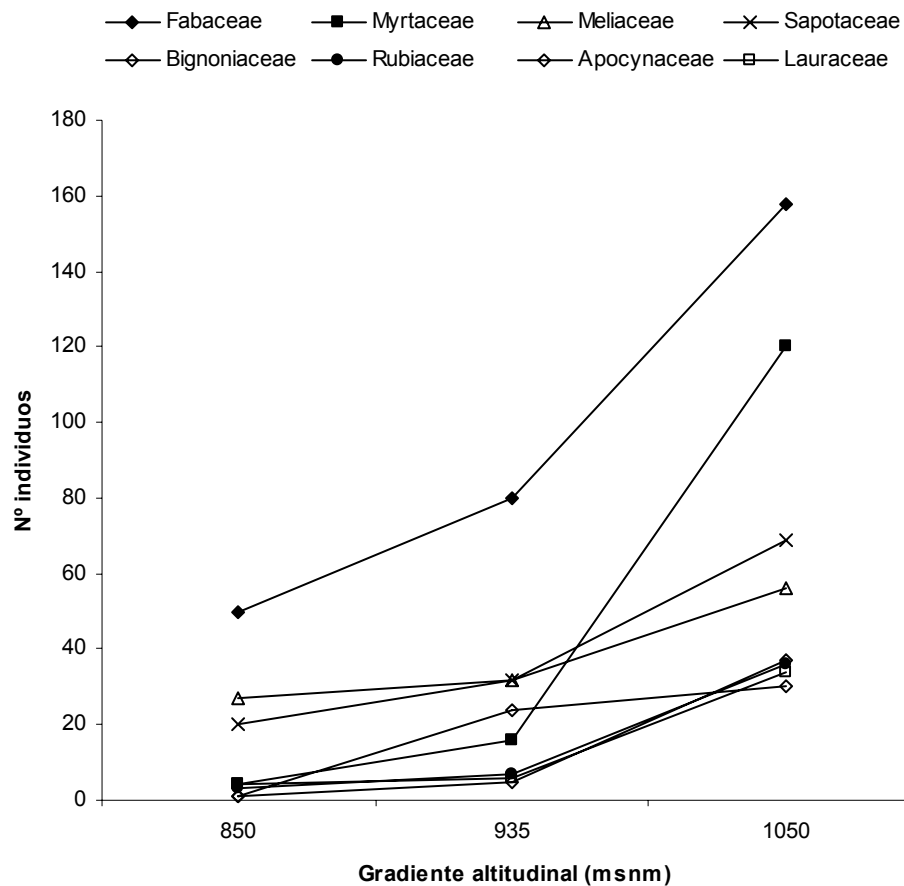
tendencia a subir a medida que los hace el gradiente, pero de manera discreta (figuras 54 y 55).



**Figura 54. Número de especies de las familias *Fabaceae*, *Myrtaceae*, *Meliaceae*, *Sapotaceae*, *Bignoniaceae*, *Rubiaceae*, *Lauraceae* y *Apocynaceae* en relación al gradiente altitudinal en el bosque semidecíduo andino del sector de San Juan.**

*Sapotaceae* es una de las familias que registró 3 especies con 20 individuos a los 850 m, 4 especies con 32 individuos en los 935 m, 5 especies distribuidas en 69 individuos a los 1.050 m, la relación de trazos muestra un ascenso suave y constante en el número de especies mientras que el número de individuos tiende a un aumento relativamente acentuado en su densidad a medida que sube el gradiente. La familia *Bignoniaceae* identifico a 1 especie con un solo representante a los 850 m, 2 especies con 5 individuos a los 935 m, y 4 especies con 37 individuos a los 1.050 m; la relación que muestran los trazos está sujeta a un

aumento significativo de densidad de individuos relacionados al gradiente altitudinal (figura 54 y 55).

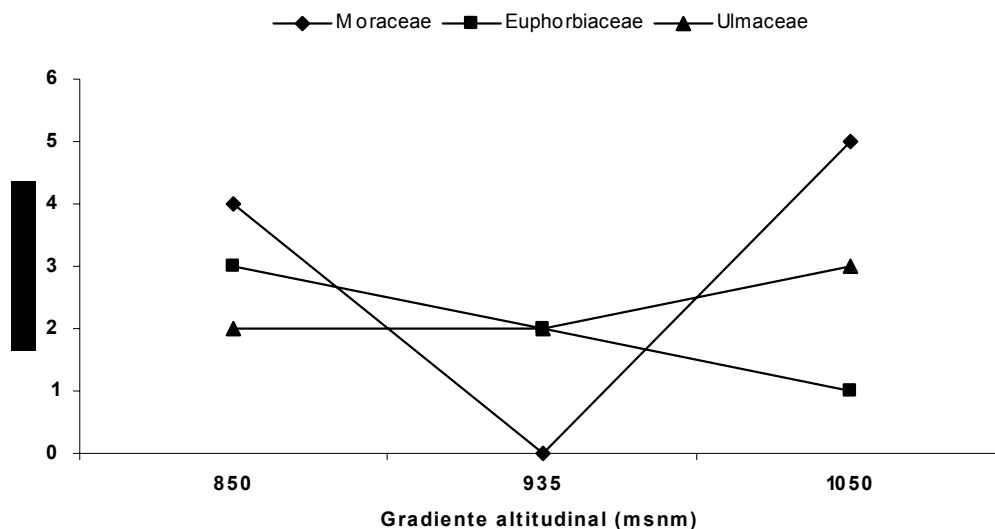


**Figura 55. Número de individuos que presentaron las familias *Fabaceae*, *Myrtaceae*, *Meliaceae*, *Sapotaceae*, *Bignoniaceae*, *Rubiaceae*, *Lauraceae* y *Apocynaceae* en relación al gradiente altitudinal en el bosque semidecíduo andino del sector de San Juan.**

*Rubiaceae* registro a 2 especies con 3 individuos a los 850 m, 2 especies con 7 individuos a los 935 m, y 3 especies distribuidas en 36 individuos a los 1.050 m La relación de trazos muestra un aumento progresivo de densidad de individuos relacionada a medida que sube la altitud. Del mismo modo *Apocynaceae* reconoció a 1 especie con un solo individuo a los 850 m, 2 especies con 24 individuos a los 935 m, y a los 1 050 m 4 especies asignados en 30 individuos, al igual que las anteriores familias muestra relación de trazos de diversidad y gradiente altitudinal ascendente. Por ultimo la familia *Lauraceae* incluyó 2 especies con 4 individuos a

los 850 m, 1 especie con 6 individuos a los 935 m y 3 especies con 34 individuos a los 1.050 m, del mismo modo que las anteriores su patrón mostró una correlación positiva con el gradiente altitudinal (figuras 54 y 55). Para una mejor visión del incremento que presentan las familias anteriormente descritas según el número de individuos se puede observar en el anexo 8.

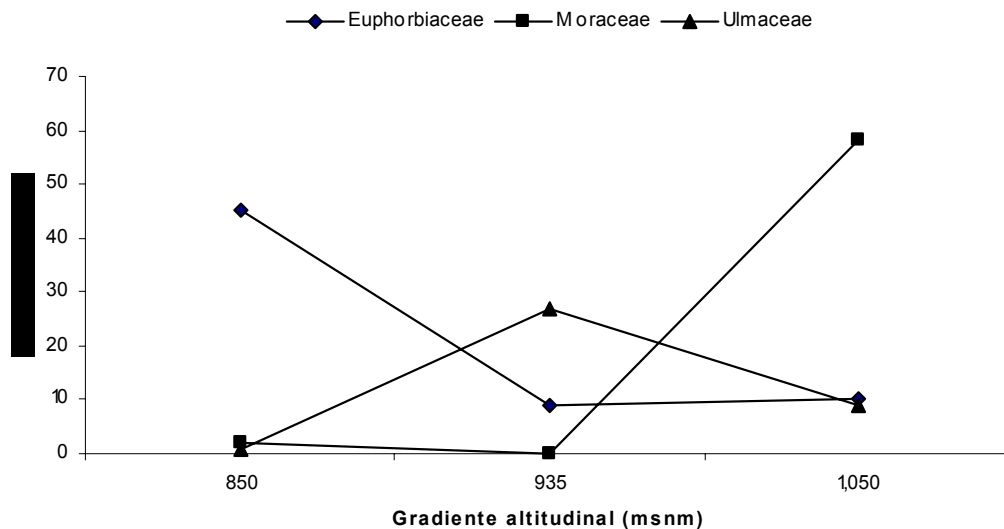
Con una relación descompaginada al gradiente altitudinal *Ulmaceae* manifestó 2 especies con 10 individuos a los 850 m, 2 especies en 58 individuos a los 935 m, y 3 especies distribuidas en 9 individuos a los 1.050 m. La correlación de estos valores no muestra constancia por una densidad marcada para los 850 m. Por su parte la familia *Moraceae* mostró 4 especies con 9 individuos en los 850 m, ninguna especie a los 935 m, y 5 especies repartidas en 27 individuos entre los 1.050 m, lo que muestra que los trazos están divididos por un vacío que posteriormente se unen a una nueva aparición de especies en la última altura (figuras 56 y 57).



**Figura 56. Número de especies de las familias *Moraceae*, *Euphorbiaceae* y *Ulmaceae* en relación al gradiente altitudinal en el bosque semidecíduo andino del sector de San Juan.**

Finalmente *Euphorbiaceae* es caso específico, por que obtuvo 3 especies distribuidos en 45 individuos a los 850 m, 2 especies con 2 individuos a os 935 m, y 1 especie con 1 individuo a los 1.050 m, mostrando trazos inversamente

proporcionales al gradiente altitudinal (figuras 56 y 57), Todas las familias junto con sus géneros y especies se detallan en los anexos 4, 5 y 6.



**Figura 57. Número de individuos que presentaron las familias *Moraceae*, *Euphorbiaceae* y *Ulmaceae* en relación al gradiente altitudinal en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

### 6.3.2 Diversidad beta (Índice de Sørensen 1948) en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

La máxima similitud de especies según el índice de Sørensen entre parcelas fue de 52,90% entre ladera y cima, y mínimo de 27,82 % entre fondo de valle y ladera, Cuando se consideró las especies comunes 41 fueron afines entre ladera y cima, 22 especies entre cima y fondo de valle, mientras que 16 especies fueron comunes entre ladera y fondo de valle (Tabla 12). La similitud indicada según la fórmula del índice de Sørensen modificada entre las tres parcelas fue del 56,16%.

El 52,90% de afinidad que mostraron ladera y cima se debe a las 41 especies comunes, entre las cuales se pueden mencionar a *Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Capparis polyantha*, *Machaerium scleroxylon*,

*Phyllostylon rhamnoides*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Trichilia catigua*, *Oxandra espintana* entre otras especies detalladas en el anexo 5 y 6.

**Tabla 12. Valores de Similitud de Sørensen (1948), riqueza y número de especies compartidas de tres sitios evaluados en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

Altitud (msnm)	Sitios	Fondo de valle	Ladera	Cima
850	Fondo de valle	56	27,82%	28,94%
935	Ladera	16	60	52,90%
1.050	Cima	22	41	96
	<b>56,16%</b>			

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 negrillas subrayadas.

Doce especies de árboles fueron comunes entre las tres parcelas, *Amburana cearensis*, *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Capparis coimbrana*, *Ceiba speciosa*, *Chrysophyllum gonocarpon*, *Chrysophyllum vel sp. nov.*, *Myroxylon balsamum*, *Nectandra megapotamica*, *Syagrus sancona* (figura 58), *Oxandra espintana*, *Ruprechtia laxiflora*, *Sweetia fruticosa* y *Trichilia elegans*.

En fondo de valle se registraron a 31 especies exclusivas, en ladera a 14 especies y en cima 22 especies. Entre las especies raras o exclusivas en fondo de valle fueron *Allophyllus edulis*, *Arrabidaea pearcei*, *Batocarpus amazonicus*, *Randia armata*, *Serjania meridionalis*, *Swietenia macrophylla* (figura 58). En ladera se registraron a *Bunchosia sp.*, *Celtis brasiliensis*, *Mascagnia poeppigiana*, *Melloa quadrivalvis*, *Ruprechtia apetala*, *Sebastiana sp.*, *Sebastiana brasiliensis*, y *Seguiera americana*. Finalmente en cima a *Bauhinia sp.*, *Cariniana estrellensis*, *Ficus cuatrecasana*, *Metrodorea flavida*, *Pseudolmedia laevigata*; las demás especies exclusivas según la formación boscosa de fondo de valle, ladera y cima se encuentran detalladas en el anexo 8 y algunas que se incluyeron entre la riqueza y diversidad de las parcelas de muestreo se pueden observar en la figura 59 y 60 .



Figura 58. *Swietenia macrophylla* y *Syagrus sancona* , especies exclusivas de las parcela de fondo de valle y cima. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).



Figura 59. Especies incluidas en las tres parcelas de muestreo. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).



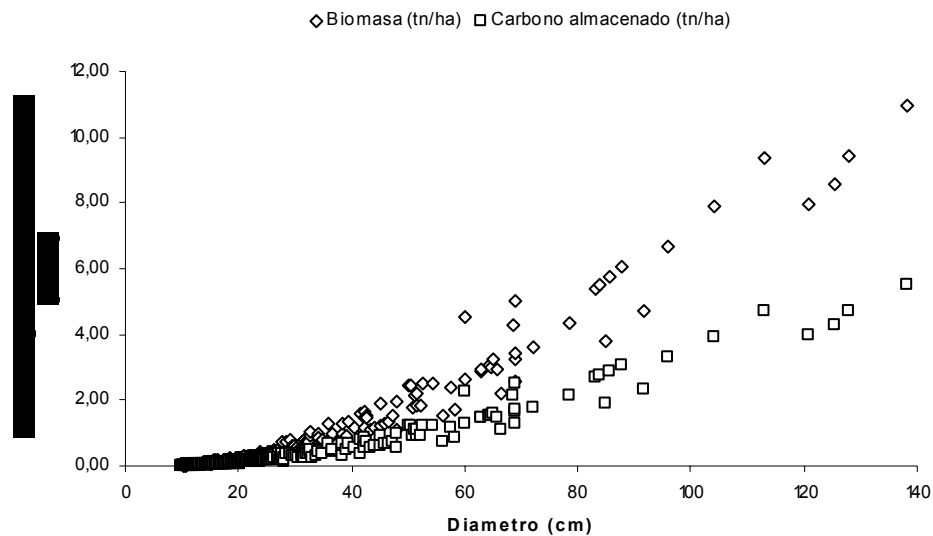
Figura 60. Especies incluidas en las tres parcelas de muestreo. Fuente: Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, (2005).



## 6.4. Biomasa y carbono almacenado en las parcelas de fondo de valle, ladera y cima del bosque semideciduo andino del sector de San Juan

### 6.4.1. Biomasa y carbono almacenado en la parcela de fondo de valle del bosque semideciduo andino del sector de San Juan

De 415 individuos se estimaron 164.82 tn/ha de biomasa y 132.41 tn/ha de carbono almacenado a partir de 35,47 m<sup>2</sup>/ha de área basal. En la figura 24 se expresa gráficamente la tendencia del balance de biomasa en relación al diámetro, vemos que el árbol más grueso *Ceiba speciosa* (*Bombacaceae*) tuvo 138.2 cm de diámetro con 10.96 tn/ha de biomasa almacenada por el contrario algunos individuos como *Capparis coimbrana*, *Actinostemon concolor*, *Rauia resinosa* y *Astrocasia jacobinensis* con 10 cm de diámetro almacenaron 0,03 tn/ha (figura 62). La distribución de biomasa y carbono almacenado se concentran en la mayor cantidad de individuos concentrados en DAP < a 50 cm.



**Figura 61. Distribución de la biomasa y carbono almacenado de la totalidad de árboles muestreados en fondo de valle del bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

### 6.4.2. Biomasa y carbono almacenado en la parcela de ladera del bosque semideciduo andino del sector de San Juan

Se registraron 1.018 individuos que almacenan 307.06 tn/ha de biomasa, 153.52 tn/ha de carbono a partir de 32,11 m<sup>2</sup>/ha de área basal. El árbol más grueso es un individuo de *Schinopsis brasiliensis* que mostró 100 cm de diámetro correlacionado con 8.90 tn/ha de biomasa almacenada. Contrariamente los individuos con DAP < a 10 cm como *Oxandra espiptana*, *Eugenia sp.*, *Gallesia integrifolia*, *Sebastiania brasiliensis* y *Sideroxylon obtusifolium* demostraron 0,04 a 0,03 tn/ha de biomasa almacenada (figura 63).

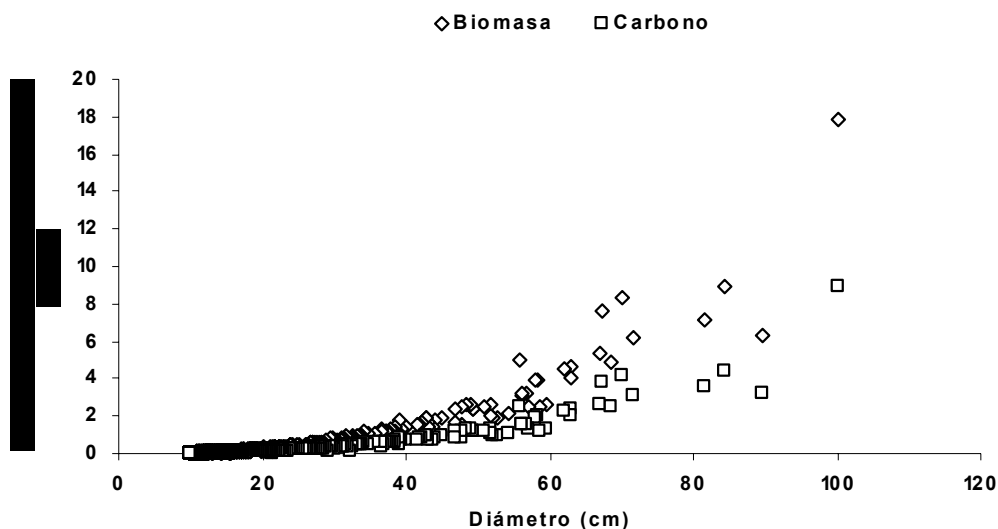
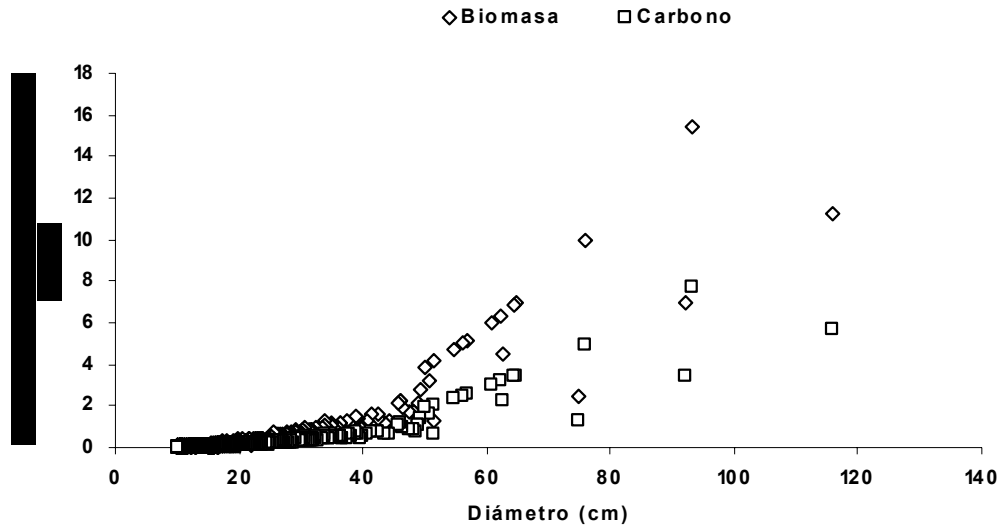


Figura 62. Distribución de la biomasa y carbono almacenado de la totalidad de árboles muestreados en ladera del bosque semideciduo andino del sector de San Juan.

### 6.4.3. Biomasa y carbono almacenado la parcela de cima del bosque semideciduo andino del sector de San Juan

Los 759 individuos suman un área basal de 28,20 m<sup>2</sup>/ha y 281.94 tn/ha de biomasa almacenada con 140.96 tn/ha de carbono, Como se puede observar la dispersión de cinco individuos con diámetros mayores como *Stryphonodendron guianense* con 116 cm de diámetro y 11,27 tn/ha de biomasa almacenada, *Schinopsis brasiliensis*

con 93,9 cm y 15,45 tn/ha, *Stryphonodendron guianense* con 76 cm y 9,92 tn/ha, y *Ficus cuatrecasana* con 75 cm y 2,50 tn/ha no mantienen una correlación de mayor diámetro con mayor almacenamiento de biomasa, Adversos a estos resultados árboles con 10 cm de diámetro como *Neea spruceana*, *Capparis polyantha* y *Ficus subandina* solo almacenaron 0,02 tn/ha de biomasa (figura 64).



**Figura 64. Distribución de la biomasa y carbono almacenado de la totalidad de árboles muestreados en cima del bosque semideciduo andino del sector de San Juan.**

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Riqueza, diversidad florística y variables dasométricas en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan

La curva especie-área es una gráfica que permite visualizar la representatividad de un muestreo, cuando la curva tiende a mantenerse horizontal, ésta indica que el número de especies se mantendrá aunque aumente el tamaño de muestreo. En bosques templados, esta curva alcanza un curso horizontal rápidamente, en cambio, en bosques tropicales, por su diversidad, la curva se mantiene en constante aumento (BOLFOR, 2000). Una dificultad, al momento de inventariar florísticamente a los bosques tropicales es la rareza local, muchos árboles a menudo son solitarios, por esto la curva de acumulación de especies no llega a estabilizarse prácticamente para ningún bosque (Campbell *et al.* 1994).

Es así que observando los trazos de la curva área-especie de fondo de valle, ladera y cima, se demuestra la heterogeneidad de esta parte de bosque apoyado por la clasificación de frecuencias propuesta por Lamprecht (1990).

Pese a ser una respuesta lógica para la superficie muestreada, si nos concentramos en las especies más comunes, las especies escasas son precisamente las que forman el grueso de la diversidad de árboles tropicales, este patrón se debe en parte “a que las especies que aportan más diversidad regional son especies raras, con bajas abundancias locales, y cuya distribución espacial es poco conocida” (Pitman, 2000). De todas maneras es necesario recordar que aunque muchas de las especies registradas están comúnmente en todos los grupos, su prominencia varía, por tanto al estar estas formaciones boscosas ubicadas en áreas altamente heterogéneas, están sujetas a flujos de especies y probablemente, contendrán más especies pasajeras de hábitats adyacentes, lo que tiene un efecto de disminuir la pendiente de la curva área-especie.

Conocer cuantas de estas especies realmente están restringidas a un hábitad requiere de un mayor número de muestras, dentro de las parcelas de estudio, las especies representadas por un solo individuo tienen un efecto importante por representar la diversidad  $\beta$  (Romero-Saltos, 2001). Las especies verdaderamente raras merecen atención especial desde el punto de vista conservacionista y que a pesar de contar con una simple representación, contribuyen con el número total de especies en parcelas de bosque con alta diversidad (da Silva *et al.* 2003).

Si bien aun no se han realizado muchas evaluaciones en esta área del bosque seco del Madidi, las especies exclusivas nos invitan a realizarlos, para definir cuáles de estas especies, realmente están dentro de esta categoría, y realizar más colectas de campo para definir la distribución y el origen de éstas. De todas maneras nos dan pautas acerca de las condiciones ambientales, a las que están sujetas las formaciones boscosas estudiadas en el presente trabajo.

Haciendo una comparación de los inventarios (PPMs) disponibles realizados en la misma formación de bosque seco del Parque Madidi, según el número de especies registradas en los fondos de valle, muestran que existe una disminución de la diversidad conforme disminuye la latitud, de 36, 46 y 55 especies para Yarimita, Resina y San Juan, la misma que no muestra ser influenciada por la altitud de 940, 662 y 850 msnm para las mismas localidades (Uzquiano *en prep.*; Campos *en prep.*) (tabla 13).

**Tabla 13. Comparación de la diversidad y variables dasométricas con otros estudios en el bosque seco del Parque Madidi con igual metodología (FV fondo de valle; L ladera; C cima)**

		Ubicación geográfica	Altitud (msnm)	N° sp/ha	A.B (m <sup>2</sup> /ha)	N° ind/ha	Especies importantes
<b>Presente estudio San Juan</b>	<b>FV</b>	14°12'01,4" S 68°39'21,1" W	850	55	35,4 7	415	<i>Oxandra espintana</i> , <i>Galesia integrifolia</i> , <i>Pentaplaris davidsmithii</i> , <i>Ceiba speciosa</i> , <i>Bougainvillea modesta</i>
	<b>L</b>	14°11'58,9" S 68°39'07,3" W	935	60	32,1 1	1,018	<i>Oxandra espintana</i> , <i>Phyllostylon rhamnoides</i> , <i>Anadenanthera</i> , <i>Galesia integrifolia</i> , <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>
	<b>C</b>	14°11'55,5" S 68°38'23,4" W	1,05	96	28,2 0	796	<i>Myroxylon balsamum</i> , <i>Oxandra espintana</i> , <i>Schinopsis brasiliensis</i> , <i>Myrcia fallax</i>
<b>Resina*</b>	<b>FV</b>	14° 19'30,2" S 68°33'57,1" W	662	46	20,6 9	734	<i>Oxandra espintana</i> , <i>Phyllostylon rhamnoides</i> , <i>Capparis coimbrana</i> , <i>Achatocarpus praecox</i> , <i>Machaerium pilosum</i>
	<b>L</b>	14°17'57" S 68°34'00,6" W	830	42	17,6 7	737	<i>Machaerium scleroxylon</i> , <i>Capparis polyantha</i> , <i>Trichilia catigua</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Zanthoxylum fagara</i>
	<b>C</b>	14°20'00,5" S 68°34'20,5" W	1,01 0	54	20,7 9	877	<i>Trichilia catigua</i> , <i>Machaerium scleroxylon</i> , <i>Myrcianthes pseudomato</i> , <i>Piptadenia excelsa</i> , <i>Chrysophyllum vel sp. nov.</i>
<b>Yarimita+</b>	<b>FV</b>	14°32'48,3" S 68°41'36,6" W	940	36	30,5 3	430	<i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Galesia integrifolia</i> , <i>Acacia polyphylla</i> , <i>Oxandra espintana</i> , <i>Phyllostylon rhamnoides</i>
	<b>L</b>	14°32'26,6" S 68°41'24,5" W	1,02 0	36	23,0 6	614	<i>Oxandra espintana</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> , <i>Acacia lorentensis</i> , <i>Machaerium scleroxylon</i>
	<b>C</b>	14°33'05,2" S 68°41'08,9" W	1,17 0	57	29,8 2	604	<i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Astronium urundeuva</i> , <i>Copaifera reticulata</i> , <i>Cariniana estrellensis</i> , <i>Siphoneugena occidentalis</i>
<b>Pintata/</b>		14° 27' S 68° 23' W	880	49	19,9 6	697	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> , <i>Trichilia aff. emarginata</i> , <i>Machaerium scleroxylon</i> , <i>Ximenea americana</i>

Donde: \* Campos (en prep); + Uzquiano (en prep); / Cayola (2004)

A Nivel de laderas la diversidad de especies es de 36, 49, 41 y 60 especies para Yarimita, Pintata, Resina y San Juan respectivamente, mostrando no estar influenciada por la altitud (1.020, 880, 830 y 935 msnm respectivamente), ni latitud (Uzquiano en prep; Campos en prep, Cayola, 2004). Pero según observaciones realizadas en campo podrían estar directamente relacionadas con el clima (la precipitación o humedad, la duración de la época seca), considerando que el sector de Resina constituye la zona núcleo del bosque seco y a su vez la zona más decidua y xérica (Araujo-Murakami com, pers.) (tabla 13).

Finalmente, a nivel de cima, la diversidad de especies de 57, 55, y 95 especies para Yarimita, Resina y San Juan respectivamente, al igual que laderas parece

estar influenciadas por los factores climáticos. Esta influencia del clima, puede observarse en los valores de área basal que disminuyen hacia la zona núcleo del bosque seco semidecíduo como es Resina. Entonces, la influencia de la latitud sobre la diversidad de familias tanto en los fondos de valle, laderas y cimas es significativa. Las laderas presentan menor diversidad y menor área basal que las cimas y fondo de valles y mayor número de individuos que las cimas y laderas (tabla 13).

La alta diversidad registradas en cimas podría deberse y ser influenciada por el comienzo de una zona de transición (ecotono)<sup>8</sup> gradual hacia bosque pluviestacional y pluviestacional montano, el mismo que registra mayor humedad, factor ambiental determinante en la distribución, composición de especies y crecimiento de los bosques (Kozlowski, 1982 cit, Wadsworth, 2000).

Al comparar los bosques secos de las provincias biogeográficas Brasileño-Paranense y Boliviano-Tucumano respecto al bosque seco del Madidi, la diversidad no demuestra mucha variabilidad entre el área basal que posiblemente esté influenciado por el número de individuos censados, considerando las especies evaluadas y su etapa de desarrollo y la competencia interespecífica en los sitios de muestreo. Del mismo modo también tiene atribución el ambiente en que se ubican, como la Chiquitanía que esta sujeta a más humedad en el ambiente arrastrada por vientos de la amazonia, ya que es considerada zona de transición. La topografía y la altitud juegan un papel importante en diferencias entre la Chiquitanía y bosques secos del Madidi en cuanto a niveles de precipitación y temperatura (tabla 14).

Estos cambios, podrían atribuirse a que el bosque seco del Madidi se encuentra ubicado en los Yungas de la cuenca del río Beni, con un modelado más abrupto de su topografía, mientras que los bosques de la Chiquitanía presentan un paisaje con una mayor cantidad de extensión de planicie.

---

<sup>8</sup> Fronteras ecológicas entre formaciones boscosas. Estas fronteras dependen de diferentes variables y tipo de estudio para definir las (IAVH, 1998).

**Tabla 14. Comparación del presente estudio en relación a otros estudios en la Región Brasileño-Paranense y Región Andina.**

	Región Brasileño-Paranense	Región Andina	
	Provincia del Cerrado	Provincia Boliviano-Tucumana	Bosque seco del Madidi
	(Chiquitania)+	(Yerbabuena, Las Peñas)/	(Resina, Yarimita, Pintata, San Juan)*
<b>Ubicación</b>	16°30' a 19°00' latitud S 62°00' a 58°00' longitud O	20°24' latitud S 63°45' longitud O	12°30' a 14°44' latitud S 67°30' a 69°51' longitud O
<b>Altitud</b>	280 - 400 msnm	1,120 - 1,450 msnm	880 - 1,170 msnm
<b>Precipitación</b>	900 - 1,200 mm	929 mm	1,324 mm
<b>Temperatura</b>	24,3 °C	19,9 °C	20,3 °C
<b>Clima</b>	Zona de transición entre bosques húmedos de la cuenca amazónica y xerófitos del Gran Chaco (3 a 5 meses de época seca)	Zona transicional entre bosques chaqueños y de Yungas	Predominantemente estacional (3 a 5 meses de déficit hídrico)
<b>Nº de familias/ha</b>	21 - 34	29 - 25	22 - 33
<b>Nº de especies/ha</b>	29 - 84	42 - 39	36 - 95

Donde: \*(Cayola, 2004; Uzquiano en prep; Campos en prep; presente estudio);+ (Quevedo, 1994; Camacho, 1997; Killeen, 1997; Uslar *et al.*, 2004); / (Caballero y Jørgensen 2004). Los datos de ubicación geográfica, precipitación y temperatura de la Chiquitania fueron extraídos de Jardim, 2003; del Parque Madidi ANMI de <http://es.wikipedia.org/wiki/Madidi>; Navarro, 1999.

En la comparación entre los bosques secos ubicados en la provincia Boliviano-Tucumano y los bosques secos del parque Madidi, según datos publicados en esta provincia biogeográfica, en el Yerbabuena y Peñas dentro las últimas estribaciones de la cordillera de los Andes por los resultados publicados, nos orienta a deducir que existe una reducción de la diversidad y riqueza respecto a la diversidad del bosque seco del Madidi.

Es así que entre los factores determinantes para un cambio en la diversidad evaluada está el clima y posición topográfica en la que se encuentran estos sitios en comparación; la latitud por su parte conforme aumenta, disminuye la diversidad (Gentry y Ortiz, 1993) dependiendo de la distancia a la que se encuentra un sitio de la línea del ecuador, y cuán lejano estén dos puntos de comparación. Asimismo la diversidad de los bosques andinos está sutilmente correlacionada con la elevación, precipitación y temperatura que influye en el aumento o decremento de la riqueza de especies (Gentry, 1995).



Los bosques secos de Bolivia (bosques secos de valles interandinos y bosques secos de la Chiquitania) se encuentran fragmentados con una significativa heterogeneidad influenciada por las zonas biogeográficas que las rodean, pero se diferencian por estar ubicados en zonas protegidas y de alguna manera cercados trayendo con sigo elevado grado de endemismo (Ibisch y Mérida 2003).

En los Andes tropicales se ha postulado que las altas tasas de especiación, altos niveles de riqueza y endemismo han sido influenciados por los sucesivos cambios a través de los cambios climáticos del Pleistoceno (Van der Hammen, 1974, 2000; Simpson, 1975, 1983; Simpson y Todzia, 1990; Taylor, 1991; Ferreira *et al.* 1998 cit. en Giraldo-Gañas, 2001). Por esta razón, se considera a los Andes septentrionales como una de las regiones más diversas del planeta (Gentry 1982<sup>a</sup>; Henderson *et al.* 1991; Churchill *et al.* 1995 cit. en Giraldo-Gañas, 2001).

## **7.2. Composición, estructura florística, importancia ecológica en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

### **7.2.1. Composición florística e importancia ecológica en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

La composición florística de un bosque, se enfoca como la diversidad de especies en un ecosistema, la cual se mide por su riqueza (Peet, 1974 cit. en Wadsworth, 2000), en esta investigación, tanto en sub-formaciones de cima, ladera y fondo de valle, la familia *Fabaceae* es la más diversa, al igual en otros estudios tomados en comparación en localidades más cercanas en el Parque Madidi (Fuentes *et al.* 2004; Cayola, 2004; Choque, 2007, Campos en prep), y también en otros sitios del país como en la Chiquitania o en los valles interandinos de la Provincia Boliviano-Tucumana (Uslar *et al.* 2004; Caballero y Jørjensen, 2004) y en el Neotrópico (Foster y Gentry, 1991; Bullock *et al.* 1995; Gentry 1995; IAVH, 1998; Kessler y Helme, 1999; Wadsworth, 2000; Duivenvoorden *et al.* 2001).

La razón por la que *Annonaceae* haya sido calificada como una de las familias con mayor peso ecológico en las tres parcelas, se debe a la abundancia y frecuencia de individuos de la misma especie al igual que en otros estudios realizados en el Valle del Tuichi (Choque, 2007; Campos en prep; Uzquiano en prep.). Mientras que el peso ecológico de *Myrtaceae* en cima debería su presencia a factores topográficos, con ecosistemas más húmedos que presenta neblinas (exposición topográfica y altitud), situación por la que puede compartir altitudinalmente paisajes de una transición a bosque más húmedo y formar parte de una cintura de vegetación a bosque montano. Sin embargo, *Annonaceae* no corresponde a las familias más importantes por lo publicado en Saldias (1991), Uslar *et al.* (2004); Caballero y Jørgensen. (2004) en bosques de la Chiquitanía y en la provincia Boliviano-Tucumana.

Un caso particular en la sub-formación estudiada, es la ausencia de la familia *Cactaceae* mencionada en otros estudios aledaños en el bosque seco del Parque Madidi como el valle del río Machariapo, Pintata, Yarimita y Resina (Fuentes *et al.* 2004; Cayola, 2004; Choque, 2007; Campos, en prep.), esta familia es característica por tener ventaja sobre otras familias que crecen en regiones áridas y semiáridas (Vickery, 1991), y su ausencia podría ser indicadora de que en esta área ya no se sufra de un periodo muy prolongado de sequía o falta de humedad en el ambiente.

Gentry (1995), indica que una gran magnitud de bosques secos son dominados por *Fabaceae* y *Bignoniaceae* (familia más rica en lianas), lo que no concuerda con estos resultados, mostrando patrones diferentes, presumiblemente la poca densidad de *Bignoniaceae*, podría deberse, a que no se presentan especies que ayuden en su desarrollo y que la formación de claros o la exposición en la que se encuentran nuestras parcelas no es la adecuada para el incremento de la abundancia de esta familia. Otro factor importante es el método, el cual toma individuos con DAP  $\geq 10$  cm, considerando que la gran diversidad y abundancia de

*Bignoniaceae* se encuentran en lianas de categorías diamétricas inferiores, lo que, no permitió su registro.

En la mayoría de los bosques del Neotrópico son once las familias que contribuyen con un promedio de 52% a la riqueza de especies, entre ellas están *Leguminosae*, *Lauraceae*, *Annonaceae*, *Rubiaceae*, *Moraceae*, *Myristicaceae*, *Sapotaceae*, *Meliaceae*, *Arecaceae* y *Euphorbiaceae* (Kalliola *et al.* 1993). Por su parte, Gentry (1995 cit. en IAVH, 1988) afirma que los bosques secos presentan familias de plantas similares a las encontradas en bosques húmedos y muy húmedos tropicales. Mientras que Foster y Gentry (1991) muestran entre las familias que tienen mayor importancia de bosques secos estudiados en Sudamérica son *Fabaceae*, *Bignoniaceae*, *Rubiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Myrtaceae*, *Sapotaceae*, *Melastomataceae*, *Myristicaceae*, *Chrysobalanaceae*, *Sapindaceae*, *Flacourtiaceae* y *Capparidaceae*. Del mismo modo Killeen *et al.* (2004) indica que en bosques secos las familias leñosas más importantes son *Fabaceae*, *Sapindaceae*, *Bombacaceae*, *Bignoniaceae*, *Cactaceae*, *Anacardiaceae*, *Caricaceae*, *Compositae*, *Verbenaceae* y *Capparaceae*.

Los resultados de importancia ecológica por especie en fondo de valle revelan que existe coherencia por lo expresado por Campos (en prep) y Uzquiano (en prep) respecto a especies como *Oxandra espintana* y *Gallesia integrifolia* entre las que llevan mayor peso ecológico en el bosque seco del Parque Madidi. Ladera por su parte muestra afinidad con otros estudios con la especie *Anadenanthera colubrina*; cima en cambio, muestra similitud con lo planteado por Campos (en prep) en una nueva especie para la ciencia: *Chrysophyllum vel. sp. nov.*

La permanencia de *O. espintana* entre las más abundantes en fondo de valle, ladera y cima, podría designarla como una especie peculiar de bosque seco del Parque Madidi. Frecuentemente, es una especie distribuida en los bosques submontanos, parcialmente secos, de las terrazas de Alto Beni entre los 450 a 600

msnm con precipitaciones de 1.300 y 1.600 mm, en suelos relativamente pobres, de paisajes de montaña y laderas expuestas (PIAF, 2000).

*Oxandra espihana* posiblemente presente un patrón ascendente de densidad, a medida que nos alejamos del núcleo del bosque seco del Madidi (Resina), si observamos la distribución de los ejes “X” y “Y” de las PPMs de las especies con mayor peso ecológico; demuestran ser fuertemente agobiadas por la densidad de esta especie, en tal caso podemos asegurar que la especie indicada, goza de un banco de semillas amplio, desde las que se encuentran en latencia, en proceso de germinación, semillas depredadas y semillas viejas o abortivas en las tres parcelas de muestreo. Del mismo modo, la dispersión se ve influenciada por la altura de los individuos, el área de la copa y la dirección o velocidad del viento.

Por lo que resta de las demás especies con mayor importancia entre las tres subformaciones; *Myroxylon balsamum* regularmente esta distribuida en bosques submontanos, frecuentemente en suelos relativamente pobres y secos, desde 450 hasta 800 msnm (PIAF, 2000), presente en los departamentos de La Paz, Santa Cruz, Beni y Cochabamba (BOLFOR, 2001). *Gallesia integrifolia* es típica de bosques submontanos de lugares con topografía ondulada entre los 400 a 600 msnm parcialmente caducifolia, con abundante regeneración natural en grupos, más evidente en claros de bosque (PIAF 2000), de la misma manera es característica de la provincia Acre Madre de Dios y de la región Brasileño-Paranense (Navarro y Maldonado, 2002).

Según el gradiente altitudinal, la diversidad y riqueza, presenta dos patrones de distribución, el primero que presenta una relación descompaginada en sus patrones de distribución con cambios no bien definidos, entre los cuales figuran *Moraceae*, *Euphorbiaceae* y *Ulmaceae*. El segundo que apunta a una relación de riqueza continúa con el asenso a altitudes mayores como *Fabaceae*, *Myrtaceae*, *Meliaceae*, *Sapotaceae*, *Bignoniaceae*, *Rubiaceae*, *Lauraceae* y *Apocynaceae*.

En los Andes, los bosques pre-montanos entre los 800 y 1.500 m tienen una composición similar a la de los bosques tropicales de tierras bajas, con *Leguminosae* y *Moraceae* como las familias más dominantes de árboles; *Bignoniaceae* y *Sapindaceae* como las lianas dominantes. En bosques a elevación media entre los 1.500 y 2.500 m *Lauraceae* es la familia más dominante, posteriormente siguen *Melastomataceae*, *Rubiaceae*. Otras familias destacadas tanto de bosques pre-montanos, montanos de elevaciones medias como de tierras bajas sobre buenos suelos son *Rubiaceae*, *Arecaceae*, *Sapindaceae*, *Euphorbiaceae*, *Annonaceae*, *Meliaceae* y *Sapotaceae* (Gentry, 1995). Los resultados obtenidos de los patrones que muestran estas familias, es posible destacar una combinación y un reemplazo de familias de bosques montanos secos y húmedos mostrando patrones con tendencias a estabilizarse.

Por lo descrito anteriormente, nuestras parcelas estarían sometidas a condiciones con mayor descarga de precipitación y humedad en el ambiente, influenciado por su diversidad topográfica, al estar más estrechamente ligadas a bosques montanos pluviales o pluviestacionales. 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, hasta alcanzar una altitud determinada, y que al rebasarla, comienza a disminuir nuevamente, lo cual significa que el volumen anual máximo se precipita a altitudes medias (Lamprecht, 1990), esto esta relacionado a la etapa de recolección de datos en campo, cuando se pudo verificar que a los 1.050 m manifestaba neblinas matutinas que desaparecían con rapidez al salir el sol, tal situación es comprable con bosques lluviosos (Vickery, 1991).

La composición florística en los resultados del gradiente altitudinal, considera que la mayor diversidad y riqueza se encontró a los 1.050 m (cima) extrapolando el número total de individuos por parcela. Mientras que las sub-formaciones boscosas menos ricas en especies se encontraron a los 850 m (fondo de valle) y 935 m (ladera). Según los graficos de familias, lespecies y géneros muestran un patrón con tendencia ascender según la altitud. Es así, que el gradiente altitudinal, podría

significar un cambio a través del ambiente, y puede tener efectos pronunciados en las especies, debido a la temperatura y humedad (Krebs, 1986).

Aunque el bosque tropical aparente ser una homogénea alfombra verde que cubre el planeta, esta varía drásticamente en diversidad y composición florística de un lugar a otro (Kalliola *et al.* 1993). La variación está en la ocurrencia de especies (numero de especies) o en su abundancia (numero de individuos por especie) y puede ocurrir en un tiempo o espacio (Foster *et al.* 1986). Del mismo modo, la riqueza de especies se atribuye a la diversidad topográfica, factor formador de los ecosistemas, exposición del fragmento de bosque, su situación de relieve, puede, debido a la calidad e intensidad de luz recibida a lo largo del año, interferir en la cantidad de agua disponible en el suelo dependiendo de la pendiente, lo mismo que tiene consecuencias en las preferencias lumínicas específicas de cada especie (Duque *et al.* 2001 cit. en Duivenvoorden, 2001; da Silva *et al.* 2003). Por tanto a mayor heterogeneidad espacial y diversidad ecosistémica se puede atribuir una mayor riqueza de especies (Gastón, 1996 cit. en IAVH, 2002).

### **7.2.2 Estructura florística en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

La distribución diamétrica presenta el desarrollo de una “J” invertida tanto para fondo de valle, ladera y cima, por la mayor concentración de individuos en las clases diamétricas menores. Este tipo de distribución es típica para un bosque no ha sido intervenido y se encuentra equilibrado, por la mortalidad sufrida en cada clase, 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; Baslev, 1987 cit. en Seidel, 1995; Wadsworth, 2000).

Posteriormente, si hablamos del área basal, producto de la dominancia de ciertas especies, se puede observar que disminuye desde fondo de valle a cima, tendiendo un cambio bastante brusco de 35,47 m<sup>2</sup>/ha, 32,11 m<sup>2</sup>/ha a un valor de 28.20 m<sup>2</sup>/ha en cima. Aun así fondo de valle y ladera, están de acuerdo a estudios aledaños a este en el valle del río Machariapo y Arroyo Huane Chaquimayu (37,7 m<sup>2</sup>/ha; 37,42 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente) (Fuentes *et al.* 2004, base de datos Proyecto Madidi 2005) y estudios con PPMs en fondo de valle, ladera y cima, como en Resina (20.69 m<sup>2</sup>/ha, 17.67 m<sup>2</sup>/ha, 20.79 m<sup>2</sup>/ha) y Yarimita (30.53 m<sup>2</sup>/ha; 23.06 m<sup>2</sup>/ha; 29.82 m<sup>2</sup>/ha) (Campos en prep; Uzquiano en prep). Estos resultados son atribuibles, a la evaluación de individuos con mayor grosor de tallo dentro de fondo de valle (415 individuos), en cuanto a ladera y cima con mayor cantidad de individuos (1.018 y 759 correspondientemente) que en su mayoría tienen tallos delgados, originados por la especie *Oxandra espiñana*.

En comparación al área basal registrada en el Jardín Botánico de Santa Cruz, Lomerío, Cerro Pelao y Las Torres (Uslar *et al.* 2004; Smith y Killeen, 1995) presentaron menor área basal al de este estudio con valores que van de 17.81 m<sup>2</sup>/ha a 27 m<sup>2</sup>/ha; mientras que en Yerbabuena y Las Peñas registraron valores mayores al nuestro, de 37 m<sup>2</sup>/ha y 43 m<sup>2</sup>/ha (Quevedo, 1994).

En los bosques montanos la dominancia es mayor, con valores entre 36,7 y 52,0 m<sup>2</sup>/ha (Orozco 1991; Blazer y Camacho 1991 cit. en Wadsworth, 2000), e incluso hasta 64,7 m<sup>2</sup>/ha (Kapelle, 1996 cit. en Cascante y Estrada, 2000), esta variación puede estar relacionada con la precipitación, ya que en bosques más secos se informan valores de 12,7 y 19,8 m<sup>2</sup>/ha (Hartshorn, 1983 cit. en Wadsworth, 2000).

En general la estructura vertical esta definida por la distribución de copas, altura, número de individuos y formas de vida, relacionado con la humedad y la calidad del suelo. Cuanto menos favorables son las condiciones, 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 (Jones 1956,

Keay 1961, Schulz 1960 cit. en Wadsworth, 2000; Seger *et al.* 2005). En la distribución altimétrica, para las tres sub-formaciones, es destacable la definición de tres estratos; subdosel, dosel y emergentes dentro del perfil vertical, que del mismo modo es considerado por Baur (1964b cit. en Wadsworth, 2000), que indica la existencia de emergentes o tres estratos arbóreos para bosques perennes estacionales. En esta ocasión las tres sub-formaciones estudiadas llevan especies destacadas en el dosel como *Gallesia integrifolia* y *Hura crepitans* dentro de fondo de valle, *Phyllostylon rhamnoides* y *Anadenanathera colubrina* en ladera, y en cima a *Schinopsis brasiliensis*.

Entre tanto, al medir la posición y forma de copa respecto al sol se determina la disponibilidad de luz (Dawkins, 1958), lo cual nos da una idea de la estructura de cada especie en el bosque (Uslar *et al.* 2004). En fondo de valle, los individuos de copa emergente fueron pocos, en cambio en el grueso de la población se encontraron árboles con copas de buena simetría o con una copa de forma tolerable, en ladera las posiciones de copa son más disipadas, por lo que el grueso de la población lleva una posición con alguna iluminación superior, sin embargo la forma adecuada entre tolerable o con alguna simetría de las copas compensan este defecto de posición; esto debido a la densidad de individuos, en el estrato medio, arbolitos de *O. espinosa* al parecer no tienen ningún problema en adecuarse a una competencia excesiva por la luz dentro del sotobosque; en cima las de copas llevan un balance de copas emergentes o con buena iluminación, con un número de individuos con baja iluminación, y en su forma de copa, la mayoría de los individuos tienen una forma tolerable, algo simétrica o con algún defecto.

Por lo que aparentemente demuestra que en este sitio, la competencia por un buen espacio para desarrollar formas y posición de copa no acarrea un problema, no existe algún problema por espacio, asimilación de luz o nutrientes; las especies establecidas en esta sub-formación están adecuadas para el tipo de exposición topográfica, evidenciado posiblemente por que ellas encontraron los niveles apropiados de energía (Vickery, 1991; Valerio y Salas, 1998), por tanto han



expresado plenamente su modelo arquitectural de copas amplias (Valerio y Salas, 1998).

Continuamente, la estructura de un habitat no es constante sino que cambia, a veces de manera ligera, otras veces demasiado (Maldonado, 2001), en este caso la estructura es caracterizada por el aumento gradual de lianas, tanto en especies como en su densidad (5 a 17 individuos desde fondo de valle a cima), del mismo modo, un ascenso gradual de la riqueza y diversidad de especies desde fondo de valle (850 m) hasta cima (1.050 m), con *Apocynaceae*, *Bignoniaceae*, *Malphiaceae*, *Fabaceae*, *Moraceae*, *Phytolacaceae*, *Sapindaceae* y *Ulmaceae*, distribuidas en 17 especies (5 familias y 5 especies a los 850 m; 4 familias y 4 especies a los 935 m; 7 familias y 8 especies a los 1.050 m), permite sugerir que existe una correlación positiva entre el gradiente altitudinal y riqueza de lianas.

La mayoría de los individuos muestreados no presentan problema con la infestación de bejucos, 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 existe poca información del efecto negativo de los bejucos, es de suponer que especies o individuos con alto porcentaje de bejucos, tienen mayores desventajas (Stevens, 1987 cit. en Uslar *et al.* 2004),

Al igual que las plantas terrestres, 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 y Dobson 1987). Por su parte llegan a ser componentes estructurales que representan parte significativa de los bosques tropicales (Gentry 1982; Putz 1984 cit. en Wadsworth, 2000), La presencia de este tipo de vida de rápido crecimiento en extensión pero bajo en diámetro, esta relacionado con la mayor incidencia de luz, formación de claros, mayor

disponibilidad de soportes (Hergaty y Caballé, 1991), y el incremento de humedad según la altitud.

Los bosques de montaña a nivel de las nubes, están continuamente saturados de humedad y manifiestan temperaturas y niveles de iluminación bajos una temperatura casi constante y aun contenido de agua en el aire que corresponde a una humedad relativa del 100%, tales condiciones estimulan el crecimiento de epifitas y hemiepifitos (Vickery 1991). Finalmente, también pueden ser una prueba de la antigüedad, sin intervención, por la presencia de lianas con diámetro mayor a 10 cm pueden indicar bosques maduros o antiguos (Peixoto y Gentry, 1990).

Entre la comparación de géneros, en fondo de valle ladera y cima, contienen géneros representados en estudios aledaños entre el Río Machariapo y la localidad de Pintata (Fuentes *et al.* 2004; Cayola, 2004) como *Trichilia*, *Machaerium*, *Eugenia* y *Capparis*. Bullock *et al.* (1995) incluye del mismo modo para bosques secos, algunos de los géneros registrados en este tema de investigación como *Lonchocarpus*, *Acacia*, *Mimosa*, *Randia*, *Capparis*, *Zanthoxylum*, *Eugenia*, *Piper*, *Trichilia*, *Serjania* y *Erytroxylum*.

Pasando a la similitud que pudieran presentar las especies con otras localidades, en algunas investigaciones realizadas en el bosque seco Jardín Botánico de Santa Cruz (Saldias, 1991), Yerbabuena y Peñas (Caballero y Jørgensen 2004); en algunos casos se encuentran géneros como *Acacia*, *Trichilia*, *Capparis*, *Chrysophyllum*, *Eugenia*, *Pouteria*, *Capparis*, *Schinopsis* y *Anadenanthera*.

Por su parte Beck *et al.* (2002) señala que los géneros característicos para el bosque seco del Parque Madidi son *Gallesia*, *Platyniscium* y *Myroxylon*, junto a otros árboles siempreverdes como *Clarisia biflora* y *Ficus juruensis*. El árbol dominante es *Anadenanthera colubrina* y una *Cactaceae* columnar *Opuntia brasiliensis*, seguido por especies de *Acacia*, *Capparis*, *Astronium*, *Triplaris*, *Schinopsis* y una *Ceiba* pequeña. Es así, que López (2003) indica que en los valles

secos andinos de Bolivia son dominados claramente por los géneros que tienen distribuciones extensas (géneros cosmopolitas en regiones subtropicales), por la relación que se presenta con nuestros resultados, ya que los géneros anteriormente indicados por estos autores, están registrados en esta investigación, sin embargo su frecuencia y abundancia no son lo suficientemente representativas.

A nivel biogeográfico la parcela de estudio de cima, estarían ubicadas en una zona de transición, en este caso el bosque montano húmedo y montano seco por las especies que van presentándose gradualmente, como es el caso de algunas especies registradas que son características de bosque húmedo, entre las más destacadas géneros como *Pouteria*, *Inga* y la especie *Pseudolmedia laevigata*. Esta zona fronteriza entre dos bosques, no esta restringida a un limite exacto, al menos en los bosques montanos (Yungas), estos pueden tener tendencia llevar solapamientos entre especies por varias extensiones de terreno a altitudes menores o mayores, claro esta dependiendo de la geomorfología en la que se encuentra el sitio estudiado (Jørgensen com. pers.). Muchas veces, estos cambios de la diversidad beta, pasan gradualmente, y sin limites obvios, de manera tal, que los tipos definidos no son más que secciones de una gradiente continuo, y se encuentran fácilmente lugares que son intermedios entre los tipos definidos y por tanto difíciles de clasificar (Maldonado, 2001), en algunos casos la presencia de especies que se encuentran normalmente en otro tipo de bosque se explica por que las plantas normalmente pueden existir muy lejos de sus zonas de distribución natural si se las protege de la competencia (Wadsworth, 2000).

Por otro lado, autores como Navarro y Maldonado (2002) según la distribución biogeográfica que proponen para Bolivia, indican que la Chiquitanía, contiene especies similares a nuestro estudio como *Gallesia integrifolia*, *Bougainvillea modesta*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Hura crepitans*, *Urera baccifera*, *Schinopsis brasiliensis* entre otras. Al referirnos a la Región Andina, hablamos de su Provincia Boliviano – Tucumana, que en sus valles interandinos, su flora contiene especies que llevan analogía a nuestro estudio, como: *Phyllostylon rhamnoides*,

*Chrysophyllum gonocarpum*, *Ceiba boliviana*, *Amburana cearensis*, *Astronium urundeuva*, *Myrcianthes pseudomato*, entre otras. Adicionalmente, la Provincia del Chaco Boreal, también alberga algunas especies análogas, como *Phyllostylon rhamniodes*, *Schinopsis brasiliensis*, *Astronium urundeuva* entre otras pocas especies características.

Por lo tanto, dentro la flora del bosque seco del Madidi coexisten especies siempreverdes y caducifolias, de diferente distribución biogeográfica. Es así, que podemos mencionar que tanto esta parte del bosque seco (San Juan) y toda la formación de bosque seco del Madidi comparten especies con la Región Brasileño – Paranense (Provincia del Cerrado) como de la Región Andina (Provincia Boliviano-Tucumana). Esta similitud con otras provincias biogeográficas podría ser explicada por lo expresado por Prado y Gibbs (1993), que atribuyen que este tipo de formación boscosa (bosques secos) en épocas pasadas estaría más difundida en el Neotrópico, y por las glaciaciones ocurridas, quedaron fragmentadas.

### **7.2.3. Biomasa almacenada en fondo de valle, ladera y cima en el bosque semideciduo andino del sector de San Juan**

En cuanto a la biomasa almacenada, los resultados son similares a los obtenidos en otras evaluaciones, sin embargo, existen vacíos conforme a los estudios ya realizados respecto a bosques primarios en el Parque Nacional Madidi. La alta variabilidad florística y estructural de los bosques tropicales dan como resultado diferentes valores en la cuantificación de biomasa tanto en el Parque Madidi como en otras áreas del país. Se han utilizado diferentes metodologías para este tipo de evaluación con resultados en algunos casos similares y en otros con metodología diferente.

Araujo-Murakami (en prep) para un bosque pluviestacional semideciduo en el Parque Madidi evaluó 284,01 tn/ha, Ventura (2007) registró 228.45 tn/ha de biomasa para bosque tropical húmedo en la localidad de Rurrenabaque. Otros

autores como Fehse, *et al.* (1999 cit en Ventura, 2007) realizaron evaluaciones, registrando 255 tn/ha de biomasa almacenada, mientras que el MDSP (2001) evaluó 228.45 tn/ha.

El Proyecto Acción Climática Noel Kempff Mercado (PAC-NK) evaluó 280 tn/ha (Cruz, 2005), Araujo-Murakami (2006) estimó 260 tn/ha de biomasa y 125 tn/ha de carbono en un bosque seco semideciduo chiquitano del Parque Nacional Noel Kempff Mercado. De la misma forma, resultados obtenidos por Brown (1997) para bosques húmedos de la Amazonia, son afines con 290 tn/ha; semejante a lo expresado por Murphy & Lugo (1986) en trópicos sudamericanos (bosques húmedos) de 269 a 1.186 tn/ha de biomasa almacenada.

Aparentemente el aumento general en la biomasa según la altitud coincide con el aumento de humedad en el ambiente (Wolf, 1993), claro está que las densidades maderables y el grosor de los tallos ayudaron para obtener estos resultados. También, podemos indicar, que la biomasa almacenada, depende de la densidad que tiene cada especie en su madera, o la edad en que se encuentra (curva de crecimiento y de maduración) como es el caso de *Stryphonodendron guianense*, *Schinopsis brasiliensis* y *Ficus cuatrecasana*, que cuentan con diámetros significativos pero no así de biomasa almacenada, originado por la densidad maderable que presentan estas especies. Por otra parte, el incremento de la biomasa depende principalmente de las condiciones edafológicas y climáticas que influyen en la tasa de rendimiento y dependiendo de la capacidad de respuesta que presentan estas especies, tendrá efecto en el almacenamiento de biomasa (Acosta *et al.* 2001).

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

- Según las curvas área - especies representadas en nuestros resultados no muestran tendencia a estabilizarse. Por un lado la intensidad de muestreo debería cubrir un área más extensa, o de lo contrario se debe tomar la heterogeneidad como una negativa de la asíntota esperada, y una respuesta constante en las evaluaciones florísticas en bosques tropicales.
- *Gallesia integrifolia*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Anadenanthera colubrina* y *Machaerium scleroxylon* presentaron mayor importancia en las tres parcelas de muestreo, gracias a su abundancia, frecuencia y dominancia según el análisis estadístico, pero no exclusividad, como *Oxandra espinosa* que podría designarse como característica del bosque seco del Parque Madidi, por su ausencia en otras investigaciones en bosques secos semidecíduos bolivianos.
- En las parcelas estudiadas, la mayor diversidad y riqueza es de la familia *Fabaceae*, seguidas por otras, como *Meliaceae*, *Moraceae*, *Sapindaceae*, *Myrtaceae* y *Sapotaceae* que van presentándose según el incremento en altitud. La presencia de *Lauraceae* en cima indicaría mayor humedad en el ambiente, atribuyéndose una faja de transición (ecotono) de bosque montano seco a bosque montano húmedo.
- Las especies registradas en San Juan y en el bosque seco semidecuido del Parque Madidi, muestran afinidad con las especies de la Provincia Boliviano-Tucumano y Provincia del Cerrado. Entre los factores que influyen en esta similitud se presentan eventos climatológicos pasados de los cuales quedaron relictos que en la actualidad se ven evidenciados la dispersión (islas) dentro de la región montañosa de los Andes y presencia de tierras bajas de transición de Amazonia y Chaco (Chiquitanía).
- La diversidad evaluada y comparada con otras investigaciones en sitios aledaños al nuestro, dentro las inmediaciones del Parque Madidi y en

otros bosques semidecuidos del país, indican que tanto el clima, la altitud, latitud y situación topográfica son los factores determinantes en los cambios o similitudes que puedan tener.

- La distribución de “*J*” *invertida* para las tres parcelas demuestran que el sitio evaluado del bosque seco semidecuido de San Juan contiene aun la mayoría de las especies en su habitat natural sin intervención antrópica y con características de bosque primario. La estructura vertical mantuvo tres estratos, siendo el más diverso el estrato medio. Las lianas, componentes estructurales diferenciales, aumentan discretamente en su abundancia hacia altitudes mayores, al igual que su diversidad y riqueza.

El almacenamiento de biomasa muestra coherencia con algunas evaluaciones en bosques semidecuidos de otras localidades del país y del Neotrópico. Por lo observado, los resultados obedecen al diámetro del fuste al igual que la densidad de la madera según la especie; y el carbono almacenado que representa un 50% del total de biomasa almacenada, hace que el bosque de San Juan sea un sumidero de carbono potencial comparable a bosques de la amazonia. Lo que podría impulsarlo como sumideros de carbono, clasificado en el Protocolo de Kyoto.

## 8.2. Recomendaciones

- Un mayor número de parcelas permanentes en esta área, podría afinar la determinación de solapamiento de especies en esta parte del bosque seco de la Región Madidi, Del mismo modo colectas de estratos inferiores podrían ayudar a definir la dinámica a la que están sujetas las especies dominantes.
- Realizar un seguimiento al tipo de distribución de semillas, para definir los patrones de dispersión de especies, de esta manera nos podrían dar pautas acerca de la dinámica que sigue este tipo de bosque.
- Todo ecosistema es dependiente de factores bióticos, es importante el estudio de agentes dispersores presentes en el bosque seco semidecuido de

la Región Madidi, como aves, mamíferos e insectos polinizadores; de este modo podría darse referencias más concretas acerca de especies vegetales distantes de sus hábitats preferidos.

- 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 del Parque Nacional Madidi.
- Se debe evaluar por medio de muestreos destructivos la biomasa y carbono almacenado, para poder acceder a datos más exactos acerca de cuanta biomasa es capaz de rescatar el Parque Nacional Madidi.
- Así mismo, la conservación de los bosques de la cuenca del Tuichi, es crucial, pues muchas de las plantas que cultivamos con fines alimenticios y comerciales dependen, en cierto sentido, de sus antepasados silvestres que todavía crecen en zonas tropicales (variedades se emplean para producir plantas más resistentes a las enfermedades y plagas). Dado que las selvas tropicales albergan más de la mitad de especies de plantas existentes (entre ellas 1,650 con potencial agrícola), el vivero amazónico es el paraíso del investigador que busca plantas silvestres. Por consiguiente la diversidad genética de las variedades silvestres es esencial.
- Conviene intensificar los estudios relacionados a suelos, la carencia de estos trae consigo suposiciones que a la larga se deben confirmar.



## 9. BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, M., K. QUEDONOW, J. ETCHEVERS Y C. MONREAL 2001. Un Método para la Medición del Carbono Almacenado en la Parte Aérea de Sistemas con vegetación Natural e Inducida en Terrenos de Ladera en México. Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. INIFIAP. 86 p.
- AMOROS J. M. & M. RIERA-PERE. 2005. El valor de la fijación de carbono en los programas de forestación. BOLETIN Informativo. fr. ICE N° 2834
- ARAUJO-MURAKAMI A., L. CAYOLA, J. UZQUIANO, C. CAMPOS, S. PAREDES, F. ZENTENO-RUIZ & P.M. JØRGENSEN (en prep) Composición florística de los bosques andinos semidecuidos pluviestacionales de Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Madidi, Bolivia (Manuscrito no publicado).
- ARAUJO-MURAKAMI A., L. ARROYO-PADILLA, T.J. KILLEEN & M. SALDIAS-PAZ. 2006. Dinámica del Bosque, incorporación y almacenamiento de biomasa y carbono en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Ecología en Bolivia 41(1): 24-45.
- ARAUJO-MURAKAMI A. Y P.M. JØRGENSEN (en prep). Estimaciones de biomasa y carbono en la Región Madidi, Bolivia
- BACH, S., GARCIA, E., ZENTENO, F, & TEJADA, R. 2003. Diagnostico de Flora. En: CARE (eds.). Madidi de Bolivia, mágico, único y nuestro. Bolivia. CD ROM.
- BEARD, J.S. 1949. The natural vegetation of the Windward and Leeward Islands. Oxford Forestry Memoirs 21. Oxford, UK: Clarendon Press. 192 p.

- BECK, S., E. GARCÍA & F. S. ZENTENO, 2002. Flora y vegetación del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi. (manuscrito no publicado)
- BOLFOR, 1998 Selección de Practicas Silviculturales para Bosques Tropicales. Manual técnico. Juvenal Valerio y Salas y Cynthia Salas, santa Cruz Bolivia. Ed. El País. 77 p.
- ----- 2000. Aprovechamiento forestal y conservación de los bosques Tropicales de Bolivia. 83 p.
- ----- 2000. MOSTACEDO, B. & T. FREDERICKSEN.. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal.. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- ----- 1995. Guía Práctica y Teórica para el Diseño de un Inventario Forestal de Reconocimiento; Editorial Gutiérrez. Santa Cruz, Bolivia. 60 p.
- ----- 1999 Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo; Editorial El País. Santa Cruz, Bolivia. 50 p.
- ----- 2000 MOSTACEDO, B. Y FREDERICKSEN T.. Manual de Métodos básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- BROWN S. Y LUGO A. E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. Interciencia, Vol. 17, No. 1

- BROWN, S. 1997 .Estimación de la biomasa y el cambio de la biomasa de bosques tropicales (Papel De la Silvicultura de FAO - 134) Illinois, EE.UU. 86 p.
- BULLOCK, S; MOONEY, H. & MEDINA, E. 1995. Seasonally Dry Tropical Forest, Cambridge Gran Bretaña, Cambridge University Press, 450 p.
- CABALLERO J. G., P. M. JØRGENSEN (2004) Composición, estructura y riqueza florística de dos sitios en el bosque Tucumano-Boliviano, Chuquisaca, Bolivia.
- CAMPBELL, D. G., D. C. DALY, G. T. PRANCE & U. N. MACIEL. 1986. Quantitative ecological inventory of tierra firme and várzea tropical forest on the Rio Xingu, Brazilian Amazon. Brittonia 38: 369 - 393.
- CAMPOS C., (en prep). Composición Florística y Estructura del Bosque Seco semideciduo Preandino de Azariamas. Parque Nacional Madidi, Bolivia. Tesis de Grado para obtener el título en Licenciatura en Biología. UMSA:
- CASCANTE, A. M. Y A. ESTRADA. 2000. Composición florística y estructura de un bosque húmedo premontano en el Valle Central de Costa Rica. Departamento de Historia Natural, San José. 13 p. <http://rdt.ots.ac.cr/read/revistas/49-1/cascante/cascante.html>.
- CAYOLA, L. 2004. Estructura y composición florística del bosque seco semideciduo andino en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi La Paz, Bolivia. Tesis de grado Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. p. 78-79
- Centro de Análisis Espacial (CAE) 2002. Mapa Base – Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Madidi. Instituto de Ecología. La Paz, Bolivia.

- CHAVE J, C. ANDALO, S. BROWN, M.A. CAIROS, J. Q. CHAMBERS, D. EAMUS, H. FOLSTER, F. FROMARD, N. HIGUCHI, T. KIRA, J. P. LESCURE, B. W. NELSON, H. OGAWA, H. PUIG, B. RIERA Y T. YAMAKURA 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forest. *Ecosystem Ecology. Oecologia*. 13 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.
- CONTRERAS F, LEAÑO C, J. C. LICOMA, E. DAUBER, L. GUNNAR, N. HAGER & C. CABA. 1999. Guía para la instalación y evaluación de parcelas permanentes de muestreo (PPMs). BOLFOR, PROMABOSQUE, Santa Cruz, Bolivia. 50 p.
- CURTIS, J & R. MCINTOSCH (1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin, *Ecology* 32: 476-496.
- CRUZ, C. D. 2005. Ministerio de Desarrollo sostenible, Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Programa Nacional de Cambios Climáticos. Marco Científico y Conocimiento del Cambio Climático. Presentación de Power point.
- DA SILVA A. F., R. V. DE OLIVEIRA, N. R. LOUTERIO SANTOS, A. DE PAULA 2003. Composição florística e grupos ecológicos das especies de um trecho de floresta semidecídua submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. Departamento de Biología Vegetal da Universidade Federal de Viçosa. Instituto Estadual de Florestas MG. 27 (3) : 311-319 p.

- DAWKINS, H. C. 1958. The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda. Paper No. 34 Imperail Forestry institute, University of Oxford.
- DUIVENVOORDEN, J. 2001. Evaluación de recursos vegetales no maderables en la Amazonia nor occidental. Ámsterdam-Netherlands, Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), Ponsen y Looijen, Wageningen, 485 p.
- DUIVENVOORDEN, J.F., J.C. Swning, S.J. Wrigth 2002. Beta diversity in tropical forest. *Science*. 295: 636-637. 2002
- DUQUE, A *et al.* 2001. Relación Bosque ambiente en el medio Caquetá Amazonia Colombiana. Pp: 120-129. En: J. Duivenvooreden et al. (eds.) Evaluación de Recursos Vegetales no maderables en la Amazonia Nooroccidental. Comisión Europea Investigación Desarrollo Tecnológico y Desarrollo. INCO-DC Ámsterdam.
- ESPINOZA, E. T. 2001. Cuantas especies hay? Los estimadores no parametritos de Chao. Museo de Zoología. Departamento de Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias UNAM. (en prensa)
- FINEGAN, B. 1992. Bases Ecológicas para la Silvicultura, En V Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales CATIE. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido Área de Producción Forestal y Agroforestal. Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales Turrialba. Pp: 27, 64-69.
- FOSTER, R. B., J. ARCE, T. S. WACHTER. 1986. Dispersal and the sequential plant communities in Amzonian Peru floodplain. En: Estrada, A. & Fleming, T. H. (eds.) Frugivores and seed dispersal. Dr. W. junk Plblishers, Dordrecht. 96-105.

- FOSTER, R. & A. GENTRY, 1991. Deciduous forest plant communities. En: Parker T. & Bailey (eds.). A biological assemenet of the Alto Madidi region and adjacent areas of NW-Bolivia. RAP Working papers, RAP-Conservation International, Washintong.
- FUENTES, A., A. ARAUJO-MURAKAMI, H. CABRERA-CONDARCO, F. CANQUI, L. CAYOLA, C. MALDONADO Y N. PANIAGUA. 2004. Estructura y variabilidad del bosque subandino xérico en un sector del valle del rio Tuichi ANMI Madidi La Paz Bolivia. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental. Fundación Simón I. Patiño (15): 41-62.
- FUENTES, A. 2005. Una introducción a la vegetación del Madidi. Herbario Nacional de Bolivia. Ecología en Bolivia (3): 1-31.
- GENTRY, A. & C. DODSON. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. Annals of the Missouri Botanical Garden 74: 205-233.
- GENTRY, A & R. ORTIZ, 1993. Patrones de la composición florística en la Amazonía peruana. Pp. 155-166. En: R. Kalliola, M. Punakha & W. Danjoy (eds.). Amazonía Peruana. Vegetación Húmeda Tropical en el Llano Subandino, Proyecto Amazonia Universidad de Turku (PAUT). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (PNERN), Jyväshylä.
- GENTRY, A. 1995. Patterms of diversity and floristic composition in Neotropical montane forest. Pp. 103-126. En: S Churchill, H. Balsley, E. Forero y J. Luteyn (eds.) Biodiversity and conservation of Neotropical Montane Forest. Tehe New York Botanical Garden, Nueva York.
- GENTRY, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forests, p. 146–194. In: S. Bullock, H. Mooney & E. Medina

(Eds.). Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Cambridge.

➤ GIRALDO-CAÑAS, D. 1995. Análisis Florístico y Fitogeográfico de un bosque secundario Pluvial Andino, Cordillera Central (Antioquia, Colombia). Darwiniana.

➤ GOITIA, L. 2001. Dasonomía y Silvicultura, Apuntes de Clase, Universidad mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Texto preliminar.

➤ GUARIGUATA, M. R. Y G. H. CATAN, 2002. Ecología y Conservación de Bosques neotropicales.. Costa Rica Ed. Tecnológica de Costa Rica 692 p.

➤ 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.

➤ 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.

➤ IBISCH & G. MERIDA 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra. Pp: 70-73.

➤ IBISCH, P. & S. BECK 2003. Espermatofitas-Riqueza de especies. Pp: 153. En P. Ibisch & G. Merida (eds.) Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra.

- JANZEN, D. H. 1970. Comments on host-specificity of tropical herbivores and its relevance to species richness. En: Heywood, V. H. Editor. Taxonomy and ecology. London, UK: Academic Press: 201-211.
- JARDIM, A., T. KILLEEN & A. FUENTES. 2003. Guía de los Árboles y Arbustos del Bosque Seco Chiquitano, Bolivia. Missouri Botanical Garden, Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Fundación para la Conservación del Bosque Seco Chiquitano. Fundación Amigos de la Naturaleza Noel Kempff. Bolivia. 324 pp.
- JØRGENSEN, P. MACÍA, M., FUENTES, A., BECK, S., KESSLER, M., PANIAGUA, N., SEIDEL, R., MALDONADO, C., ARAUJO-MURAKAMI, A., CAYOLA, L., T. CONSIGLIO, T. 2005. Lista anotada de las plantas vasculares registradas en la Región de Madidi. Ecología en Bolivia. 40 (3): 70-169.
- KALLIOLA, R., M. PUHAKKA & W. DANJOY. 1993. Amazonia peruana: Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. ISBN. Lima, Perú. 530 pp.
- KESSLER, M. & BECK S. 2001. Bosques nublados del Neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad (INB), Costa Rica. 581-622p
- ----- & HELME, N. 1999. Diversidad florística y fitogeográfica del valle central del Río Tuichi, una localidad aislada de bosque seco en los Andes bolivianos. Candollea 54: 341–366 pp.
- KILLEEN, T; BECK, S. & GARCIA, E. 1993. Guía de Árboles de Bolivia, La Paz Bolivia, Impresores QUIPUS SRL, 958 p.
- ----- 1997. Diversidad, Composición y estructura de un Bosque Semideciduo tropical en la Región de la Chiquitanía, Santa Cruz-Bolivia. Missouri Botanical Garden. USA



- ----- 2004. SILES, T.M; SORIA, L; CORREA, L; OYOLA, N. Modelos de vegetación en las Áreas Protegidas de Madidi, Pilón Lajas, Apolobamba y Cotapata y el cambio de uso de suelo en los Yungas y el Alto Beni de La Paz. *Ecología en Bolivia*. (submitted).
- ----- 2005. CABRERA, H., BASCOPE, F., DE LA QUINTANA, D., MIRANDA, T., CANQUI, F., & V. CARDONA, V. Lista anotada de las plantas vasculares registradas en la región de Madidi. En: *Ecología en Bolivia*, Vol. 40(3).
- KREBS, CH. 1978. *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia*. 2da. Edición HARLA México. Pp: 504-505.
- LAMPRECHT, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*, GTZ. Republica Federal de Alemania. (S. ed.). , (36-50, 80), 335p.
- LEAL-PINEDO J. M. 2005. Los bosques secos de la reserva de biosfera del noreste (Peru): Diversidad arbórea y estado de conservación, Instituto Nacional de Recursos Naturales, Tumbres-Peru. *Revista Caldasia* 27(2):195-211.
- LÓPEZ, R., D. LARREA ALCÁZAR, M. J. MACIA 2006. The arid and dry plant formations of south America and their floristic connections: new data, new interpretation. *Darwiniana* 44 (1): 18-31.
- MALDONADO C., 2001. Análisis de la sucesión vegetal en meandros causados por el cambio en el curso del Rio Mamoré. Tesis de Grado para obtener la licenciatura en Biología. Pp. 89.
- MARRUGAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- MATTEUCI, S. & 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.

➤ MDSP 2001. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Estudio de la Estrategia Nacional de Participación de Bolivia en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. Programa nacional de cambios Climáticos. La Paz – Bolivia.

➤ MILZ, J. 2001. Guía para el establecimiento de Sistemas Agroforestales en Alto Beni, Yucumo y Rurrenabaque. CARE- MIRMA. Ed. Grupo Desing. 90 p.

➤ MONTES DE OCA, I. 1997. Geografía y Recursos Naturales de Bolivia, 3°ed. La Paz Bolivia, Eds. EDOBOL, 439-459pp., 614 p.

➤ MORENO, C. E. Y G. HALFFTER. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37: 149-158 p.

➤ MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M. & T. Manuales y Tesis SEA, Vol 1 Zaragoza. 83 p.

➤ MÜLLER, R., S. G. BECK Y R. LARA. 2002. Vegetación potencial de los bosques de Yungas en Bolivia basado en datos climáticos. *Ecología en Bolivia* 37 (2): 5-14.

➤ MURPHY, P.G. Y A.E. LUGO. 1986. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica*. 18(2):89 - 96.

➤ MURPHY, P. & LUGO, A. 1995. Bosques Secos de América Central y el Caribe, en Bullock, S; Money, H. & Medina, E. 1995.

➤ NAVARRO, G. 1997. Contribución a la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia. *Rev. Boliviana de Ecología*. 2:3-37.

- ----- 1999. Mapa bioclimático de Bolivia. Centro de investigaciones fitosociológicas.
- ----- 2001. Vegetación de Bolivia. Bolivia Ecológica. ED. Fundación Simón I. Patiño 21:20-25.
- ----- y Maldonado, M. 2002. Geografía Ecológica de Bolivia, Centro de Ecología Simón I. Patiño – Departamento de Difusión, Sirena color, Cochabamba – Bolivia, 719 p.
- ----- & Ferreyra, W. 2004. Zonas de vegetación potencial de Bolivia bases del análisis para la conservación, Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental. 15: 41-62.
- PALACIOS T. R. 2005. Evaluación del crecimiento y el potencial de captura de dióxido de carbono, de dieciséis especies arbóreas en dos condiciones de luz de invernadero. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno.
- PARKER, J. & BAILEY, R. 1991. A Biological Assesment to the Alto Madidi Región and Adjacent Areas of Norwest Bolivia, Rapid Assessment Program (RAP), 108 p.
- PHILLIPS O, P. NÚÑEZ, Y. MALHI & R. VÁSQUEZ 2001. Amazonía peruana. Efecto sumidero de carbono. Revista Ciencia y Sociedad de Lima 22: 1-22.
- PEIXOTO, A.L. & GENTRY, A. 1990. Diversidade e composição florística de mata de tabuleiro na Reserva de Linhares (Espírito Santo, Brasil). Revista Brasileira de Botânica 13:19-25.
- PERRY, A. M. KESSLER & N. HELME. 1993. Biological Survey and Conservation Assesment of Inter-Andean Dry Tropical Forest of the Central Rio Tuichi Valley. Proposed Madidi National Park. Field Report 1.

- PIAF – EL CEIBO LTDA., 2000. Guía de especies forestales de Alto Beni. Sapecho 191 p.
- PITMAN, N. 2000. A large scale inventory of two Amazonian tree communities. Duke University, Durham. Pp 134-185.
- PN-ANMI Madidi 2002. Mapa preliminar de vegetación Departamento de Geografía del Museo Noel Kempff Mercado Santa Cruz ESC 1:250000.
- PRADO, D. E. & P. E. GIBBS. 1993. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 23–25.
- PROYECTO INVENTARIO FLORISTICO DE LA REGIÓN MADIDI. 2005. Base de datos proyecto “Inventario florístico de la Región Madidi” Missouri Botanical Garden – Herbario Nacional de Bolivia (datos no publicados).
- QUEVEDO, R. C. 1994. Caracterización de los principales tipos de bosque del bosque experimental Elías Meneses. Reserva forestal de producción el Choré. Santa Cruz, Bolivia. 132p.
- REID, J. FLECK LEONARDO C. PAINTER L; AMEND M. 2006. Una carretera a través Del Madidi. CSF, WCS Ed. EDOBOL. La Paz Bolivia.96 pp
- RIBERA, M., LIBERMAN, M., BECK, S. & MORAES, M. 1996. Vegetación de Bolivia, p. 169–222. En K. Mihotek (Eds.). *Comunidades, territorios indígenas y biodiversidad en Bolivia*. U.A.G.R.M./CIMAR. Santa Cruz, Bolivia.
- RIVAS-MARTINEZ, S. SANCHEZ-MATA D., & M. COSTA. 1999. *North American Boreal and Western Temperate Forest Vegetation*

(Syntaxonomical synopsis of the potencial natural plant communities of North America II) *Itenera Geobotanical* 12: 24-25, 301 - 304.

- 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. En *Evaluación de Recursos Vegetales no maderables en la Amazonía nooroccidental*. Por Duivenvoorden J, Balslev H, Cavelier J, Grandez C, Tuomisto H, & R Valencia (Eds.). Comisión Europea Investigación Desarrollo Tecnológico y Desarrollo INCO-DC Ámsterdam Pp131-176
- SALDIAS, M 1991. Inventario de árboles en el Bosque alto del Jardín Botánico de Santa Cruz, Bolivia. *17:31-41*.
- SÁNCHEZ, 1981. *Suelos del Trópico. Características y Manejo*. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura, Costa Rica. 632 p.
- SCHEGEL, J.; GANOSO, J., GUERRA J. 2000. *Manual de Procedimientos Muestreos de Biomasa Forestal*. Universidad Austral de Chile. *Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado Mundial*. Proyecto FONDEF. 26 p.
- SEIDEL, R. 1995. Inventario de los árboles en tres parcelas de bosque primario en la Serranía de Marimonos, Alto Beni. *Ecología en Bolivia* 25: 1 – 35.
- SERNAP. 2002. *Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia*, 2ª edición. Servicio Nacional de Áreas Protegidas. La Paz, Bolivia. 218 p.
- SNAP 2003. *Plan De Manejo del Parque Nacional y Área natural de manejo Integrado Madidi*. Sistema Nacional de Áreas Protegidas

de Bolivia. En CARE (Eds.). Madidi de Bolivia, mágico, único y nuestro. Bolivia. CD ROM.

➤ SHAUM. MURRIA R. S. 1969. Teoría y problemas de estadística Colombia. 339pp.

➤ SMITH, D.N., T. KILLEEN, 1995. A Comparison of the Structure and Composition of Montane and Lowland Tropical Forest in the Serranía Pílon Lajas, Beni, Bolivia. (<http://mobot.org/MOBOT/research/Bolivia/pilonarticle/welcome.shtml>).

➤ 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.

➤ USLAR, Y. V., MOSTACEDO, B. & SALDIAS M. 2004. Composición, estructura y dinámica de un bosque semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. Ecología en Bolivia, 39 (1): 25– 43 p.

➤ UZQUIANO J. (en prep.). Aspectos Estructurales y Florísticos de un Bosque Seco Preandino en el Área Natural de Manejo Integrado Madidi La Paz, Bolivia. Tesis de Grado para obtener el título de Licenciatura en Biología. U.M.S.A.

➤ VALERIO Y SALAS, J. & SALAS, C. 2001. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales, Cobija Bolivia, Eds. El País, 77p.

➤ VARGAS, I. 1996. Estructura y composición florística de cuatro sitios en el “Parque Nacional Amboró”, Santa Cruz, Bolivia. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz.

➤ VENTURA, R. C., 2007. Determinación del Índice de Oxidación de la Biomasa Chaqueada en la Región Amazónica de Bolivia. Tesis de

Grado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. pp 98.

- VICKERY, M. 1991. Ecología de plantas Tropicales, Editorial Limusa 2º Edición. México, D.F. 53-55.
- W3 TROPICOS 2003. Missouri Botanical Garden's. VAST nomenclatural database.
- WADSWORTH, F. 2000. Los Bosques Primarios y su Productividad. En Producción Forestal para América Tropical Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA) Servicio Forestal Manual de Agricultura. Pp 70-76,102.
- WILSON, M. V. Y A. SHMIDA. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. Journal of Ecology, 72:1055-1064.
- WOLF, J.D. 1993. Diversity and Biomass of Epiphytic Bryophytes and Lichens along an Altitudinal Gradient in the Northern Andes. Annals of the Missouri Botanical Garden. 80 (4): 928-960.
- ZENTENO F. (en prep.). Estructura y composición florística del bosque seco andino en Resina.
- (<http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/articulovb.PDF>)
- (<http://bosqueseco.tripod.com/inicio.html>).
- (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Madidi>





ANEXOS

**Anexo1. Formulario de campo.**

**Nombre de la parcela:**

**Pág.: /**

**Lugar:**

**Fecha:**

**Participantes:**

**Materos:**

Parcela	Subparcela	Nº placa	Nº colecta	Nombre común	Familia	Nombre científico	X	Y	DAP	Ht	Hf	PC	FC	IL	EF	Observaciones

Donde: X y Y son las respectivas coordenadas, DAP es el diámetro a la altura del pecho, Ht es la altura total del árbol, Hf es la altura del fuste, PC es la posición de la copa, EF es el Estado Fenológico.

## **Anexo 2. Descripción de las categorías de los datos fenológicos, posición de copa, forma de copa e infestación por bejucos**

### **Datos fenológicos**

Estéril	1
Botón floral	2
Flor	3
Fruto inmaduro	4
Fruto maduro	5
Fruto seco	6

### **Posición de copa: Dawkins (1958) (Fuente: BOLFOR, 1999)**

Emergente (1)	Lleva la copa vertical y horizontalmente expuesta a la luz
Dominante (2)	Lleva una copa con la parte superior plenamente expuesta al sol
Codominante (3)	Lleva la parte superior de la copa esta expuesta al sol
Intermedia (4)	Lleva la parte superior de la copa totalmente sombreada, pero esta expuesta a la luz lateral directa
Suprimida (5)	También denominada como “árboles con ausencia de luz”

### **Forma de copa Dawkins (1958) (Fuente: BOLFOR, 1999)**

Perfecta (1)	Presenta el mejor tamaño y forma, amplia plana circular y simétrica
Buena (2)	Similar a la anterior con alguna asimetría leve
Tolerable (3)	Evidentemente asimétrica o rala
Pobre (4)	Con presencia de una grave muerte progresiva fuertemente asimétrica y con pocas ramas
Muy pobre (5)	Muy degradada o suprimida, muy dañada

### **Infestación por lianas (Lowe y Walker, 1977; cit. por Contreras *et al.* 1999; BOLFOR, 2000)**

Libre de bejucos	1
Presencia en el fuste	2
Presencia leve en fuste y copa	3
Presencia en el fuste y copa	4

**Anexo 3. Lista de familias presentes en las parcelas de muestreo en orden filogenético (Killeen, 1993)**

<b>División</b>	<b>Clase</b>						
<i>Division</i> <i>Magnoliophyta</i>	<i>Clase Magnoliopsida</i> <i>(dicotiledoneas)</i>						
<b>Subclase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>				
Asteridae	Gentianales	Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg. <i>Aspidosperma rigidum</i> Rusby <i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. <i>Forsteronia australis</i> Müll. Arg.				
		Lamiales	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken			
			Sapindaceae	<i>Allophylus mollis</i> (Kunth) Radlk.			
		Rubiales	Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schtdl. <i>Ixora brevifolia</i> Benth. <i>Pogonopus tubulosus</i> (A. Rich.) K. Schum. <i>Randia armata</i> (Sw.) DC.			
	Scrophulariales			Bignoniaceae	<i>Arrabidaea pearcei</i> (Rusby) K. Schum. ex Urb. <i>Macfadyena</i> A. DC. <i>Melloa quadrivalvis</i> (Jacq.) A.H. Gentry <i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl. <i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl. <i>Tynanthus schumannianus</i> (Kuntze) A.H. Gentry		
	Caryophyllidae	Caryophyllales	Urticaceae	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.			
			Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i> Rich. ex Kunth			
			Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea modesta</i> Heimerl <i>Neea bangii</i> Rusby <i>Neea spruceana</i> Heimerl			
			Phytolaccaceae	<i>Gallsia integrifolia</i> (Spreng.) Harms <i>Seguiera americana</i> L.			
				Polygonaceae	<i>Ruprechtia apetala</i> Wedd. <i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.		
Dillenidae			Capparales	Capparaceae	<i>Capparis amplissima</i> Lam. <i>Capparis coimbrana</i> X. Cornejo & H.H. Iltis <i>Capparis polyantha</i> Triana & Planch.		
				Ebenales	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> <i>Chrysophyllum</i> L. <i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk. <i>Pouteria</i> <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. <i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Humb. ex Roem. & Schult.) T.D. Penn.	
						Lecythidales	Lecythidaceae
			Malvales			Bombacaceae	<i>Ceiba boliviana</i> Britten & Baker f. <i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna <i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand
							Tiliaceae
	Theales	Areaceae	<i>Syagrus sancona</i> H. Karst.				
			Ochnaceae	<i>Ouratea angulata</i> Tiegh.			
	Violales	Violales	Flacourtiaceae	<i>Banara tomentosa</i> Clos <i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.			

			<i>Xylosma velutina</i> (Tul) Triana & Planch
<i>Hamamelidae</i>	<i>Junglandales</i>	<i>Juglandaceae</i>	<i>Juglans boliviana</i> Dode
	<i>Urticaceae</i>	<i>Capparaceae</i>	<i>Capparis amplissima</i> Lam.
		<i>Ulmaceae</i>	<i>Ampelocera ruizii</i> Klotzsch
			<i>Celtis brasiliensis</i> (Gardner) Planch.
			<i>Celtis loxensis</i> C.C. Berg
			<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (J. Poiss.) Taub.
	<i>Urticales</i>	<i>Moraceae</i>	<i>Batocarpus amazonicus</i> (Ducke) Fosberg
			<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul
			<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.
			<i>Ficus cuatrecasana</i> Dugand
			<i>Ficus subandina</i> Dugand
			<i>Ficus trigona</i> L. f.
			<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.
			<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul
			<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich
		<i>Urticaceae</i>	<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich.
<i>Magnoliidae</i>	<i>Magnoliales</i>	<i>Annonaceae</i>	<i>Oxandra espintana</i> (Spruce ex Benth.) Baill.
	<i>Piperales</i>	<i>Piperaceae</i>	<i>Piper amalago</i> L.
			<i>Rollinia emarginata</i> Schltld.
<i>Rosidae</i>	<i>Celastraceae</i>	<i>Celastraceae</i>	<i>Maytenus cardenasii</i> Rusby
	<i>Euphorbiales</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Astrocasia jacobinensis</i> (Müll. Arg.) G.L. Webster
			<i>Croton matourensis</i> Mart.
			<i>Hura crepitans</i> L.
			<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.
			<i>Sebastiania</i> Spreng.
		<i>Urticaceae</i>	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.
	<i>Fabales</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Acacia loretensis</i> J.F. Macbr.
			<i>Acacia polyphylla</i> DC.
			<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart
			<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.
			<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan
			<i>Bauhinia</i> L.
			<i>Calliandra chulumania</i> Barneby
			<i>Holocalyx balansae</i> Micheli
			<i>Hymenaea courbaril</i> L.
			<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.
			<i>Inga marginata</i> Willd.
			<i>Inga striata</i> Benth.
			<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart
			<i>Lonchocarpus obtusus</i> Benth.
			<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel
			<i>Machaerium pilosum</i> Benth.
			<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.
			<i>Machaerium trifoliolatum</i> Ducke
			<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms
			<i>Ormosia boliviensis</i> C.H. Stirt.
			<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.
			<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand
			<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.
			<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.

	<i>Linales</i>	<i>Erythroxylaceae</i>	<i>Erythroxylum subrotundum</i> A. St.-Hil.
	<i>Myrtales</i>	<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia triflora</i> Lillo
		<i>Malpighiaceae</i>	<i>Heteropterys nervosa</i> A. Juss.
		<i>Myrtaceae</i>	<i>Aulomyrcia leucadendron</i> (DC.) C.C. Berg
			<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.
			<i>Eugenia feijoi</i> O. Berg
			<i>Eugenia involucrata</i> DC.
			<i>Eugenia</i> L.
			<i>Eugenia moraviana</i> O. Berg
			<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.
			<i>Myrcia magnifolia</i> (O. Berg) Kiaersk.
			<i>Myrcianthes</i> O. Berg
			<i>Myrcianthes pseudomato</i> (D. Legrand) McVaugh
			<i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand
			<i>Myrciaria dubia</i> (Kunth) McVaugh
			<i>Siphoneugena</i> O. Berg
	<i>Polygalales</i>	<i>Malpighiaceae</i>	<i>Bunchosia</i> Rich. ex Juss.
			<i>Byrsonima</i> Rich. ex Kunth
			<i>Hiraea grandifolia</i> Standl. & L.O. Williams
			<i>Mascagnia poeppigiana</i> (A. Juss.) W.R. Anderson
	<i>Proteales</i>	<i>Proteaceae</i>	<i>Roupala montana</i> Aubl.
	<i>Santalales</i>	<i>Achatocarpaceae</i>	<i>Achatocarpus praecox</i> Griseb.
	<i>Sapindales</i>	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Astronium fraxinifolium</i> fo. <i>glaberrimum</i> Mattick
			<i>Astronium urundeuva</i> (Allemão) Engl.
			<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.
		<i>Arecaceae</i>	<i>Syagrus sancona</i> H. Karst.
		<i>Meliaceae</i>	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
			<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer
			<i>Swietenia macrophylla</i> King
			<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.
			<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.
			<i>Trichilia maynasiana</i> C. DC.
			<i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.) C. DC.
		<i>Rutaceae</i>	<i>Metrodorea flavida</i> K. Krause
			<i>Rauia resinosa</i> Nees & C. Mart.
		<i>Sapindaceae</i>	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.
			<i>Cupania vernalis</i> Cambess.
			<i>Sapindus saponaria</i> L.
			<i>Serjania meridionalis</i> Cambess.
<i>Rosidae</i>	<i>Rosales</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.
	<i>Apiales</i>	<i>Araliaceae</i>	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.
<i>Magnoliidae</i>	<i>Lurales</i>	<i>Annonaceae</i>	<i>Guatteria lasiocalyx</i> R.E. Fr.
		<i>Lauraceae</i>	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez
			<i>Ocotea</i> Aubl.
			<i>Ocotea bofo</i> Kunth
<i>Rosidae</i>	<i>Linales</i>	<i>Erythroxylaceae</i>	<i>Erythroxylum subrotundum</i> A. St.-Hil.

---

**Anexo 4. Densidad maderable de las especies presentes en las tres parcelas de San Juan utilizadas para la evaluación de biomasa almacenada (Chave, 2005 y Brown, 1997)**

Nombre científico y morfotipos	Nombre común	Densidad (gr/cc)	Nombre científico y morfotipos	Nombre común	Densidad (gr/cc)
<i>Acacia loretensis</i>	Uchichi	0,6	<i>Inga marginata</i>	Ñutapacay	0,58
<i>Acacia polyphylla</i>	Uchichi	0,64	<i>Inga striata</i>	Cusillo pacay	0,64
<i>Achatocarpus praecox</i>	Yanaruru	0,6	<i>Ixora brevifolia</i>	Manguillo	0,64
<i>Actinostemon concolor</i>	Tullo	0,6	<i>Juglans boliviana</i>	Nogal	0,6
<i>Albizia niopoides</i>	Kelluchichi	0,56	<i>Lonchocarpus leucanthus</i>	Comer mani mani	0,6
<i>Allophylus edulis</i>	Pata de capibara	0,65	<i>Lonchocarpus obtusus</i>	Mani mani	0,6
<i>Allophylus mollis</i>		0,6	<i>Macfadyena SPS 140</i>	Tojlla mora	0,6
<i>Amburana cearensis</i>	Tumi	0,53	<i>Machaerium acutifolium</i>	Falso cedrillo	1,12
<i>Ampelocera ruizii</i>	Quellubatan	0,77	<i>Machaerium pilosum</i>	Chiuchi	0,7
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Willca	0,88	<i>Machaerium scleroxylon</i>	Kara guayabon	0,85
<i>Arrabidaea pearcei</i>		0,6	<i>Machaerium trifoliolatum</i>	Misisillo	0,7
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	Nucala	0,73	<i>Maclura tinctoria</i>	Upia caspi	0,76
<i>Aspidosperma rigidum</i>	Calabera caspi	0,6	<i>Mascagnia poeppigiana</i>	Iska caspi	0,6
<i>Aspidosperma subincanum</i>	Falso nucala	0,82	<i>Maytenus cardenasii</i>	Corteza roja	0,71
<i>Astrocasia jacobinensis</i>	Yura pichana	0,6	<i>Melloa quadrivalvis</i>	Tojlla mora	0,6
<i>Astronium fraxinifolium</i>	Tortuga caspi	0,95	<i>Metrodorea flavida</i>	Jatun pata de capibara	0,6
<i>Astronium urundeuva</i>	Yurabitaca	1	<i>Myrcia fallax</i>	Ñuto pichana	0,82
<i>Aulomyrcia leucadendron</i>	Porum pichana	0,6	<i>Myrcia magnifolia</i>	Porun pascua	0,6
<i>Banara tomentosa</i>	Kelluchilca	0,6	<i>Myrcianthes pseudomato</i>	Bilunto pichana	0,73
<i>Batocarpus amazonicus</i>	Kaosillo	0,53	<i>Myrcianthes pungens</i>	Guayabon	0,91
<i>Bauhinia SPS 187</i>	Pata de vaca	0,6	<i>Myrcianthes SPS 100</i>	Guayabon	0,6
<i>Bougainvillea modesta</i>	Falso ajo ajo	0,6	<i>Myrciaria dubia</i>	Pichana	0,6
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	Sonso causillo	0,64	<i>Myroxylon balsamum Nectandra</i>	Resina	0,78
<i>Bunchosia SPS 102</i>	Iska sacha	0,6	<i>megapotamica</i>	Kellu laurel	0,72
<i>Byrsonima SPS 200</i>	Yeiska caspi	0,6	<i>Neea bangii</i>	Ñuto ajipa	0,6
<i>Calliandra chulumania</i>	Taja tamarindo	0,6	<i>Neea spruceana</i>	Ajipa	0,6
<i>Campomanesia aromatica</i>	Bilunto	0,6	<i>Ocotea bofo</i>	Ñuto kepu laurel	0,51
<i>Capparis amplissima</i>	Logma	0,66	<i>Ocotea SPS 173</i>		0,51
<i>Capparis coimbrana</i>	Mango mango	0,6	<i>Ormosia boliviensis</i>	Wayruro	0,59
<i>Capparis polyantha</i>	Casisi	0,6	<i>Ouratea angulata</i>	Serreucho caspi	0,66
<i>Cariniana estrellensis</i>	Pirigchu	0,68	<i>Oxandra espintana</i>	Sipico	0,63
<i>Cariniana ianeirensis</i>	Pirichu		<i>Pentaplaris davidsmithii</i>	Batan	0,6
<i>Casearia gossypiosperma</i>	colomero	0,6	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	Chaqui caspi	0,76
<i>Cedrela fissilis</i>	Moco moco	0,6	<i>Piper amalago</i>	Moco moco	0,6
<i>Ceiba boliviana</i>	Cedro	0,49	<i>Piptadenia viridiflora</i>	Yana quisca	0,86
<i>Ceiba speciosa</i>	Orkomacine	0,26	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Cedrillo	0,72
<i>Celtis brasiliensis</i>	Macine	0,39	<i>Pogonopus tubulosus</i>	Anaria blanca	0,6
<i>Celtis loxensis</i>	Aro aro	0,6	<i>Pouteria SPS 158</i>	Leche leche	
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Urupate	0,6	<i>Pseudobombax septenatum</i>	canelon	0,73
	Manguillo	0,67		Maray pancho	0,21

<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Leche leche aceituna	0,7	<i>Pseudolmedia laevigata</i>	Arata	0,63
<i>Chrysophyllum SPS 8</i>	Limon limon	0,6	<i>Randia armata</i>		0,67
<i>Chrysophyllum vel sp. nov.</i>		0,6	<i>Rauia resinosa</i>		0,6
<i>Clarisia biflora</i>	Chicle caspi Yana palo santo	0,5	<i>Rollinia emarginata</i>	Chirimoya	0,36
<i>Cordia alliodora</i>		0,53	<i>Roupala montana</i>	Cresta de gallo	0,78
<i>Croton matourensis Mart.</i>	Chamana chillca	0,39	<i>Rubiaceae SPS 85</i>		0,6
<i>Cupania vernalis Cambess.</i>		0,66	<i>Ruprechtia apetala</i>	Achiote caspi	0,66
<i>Dendropanax arboreus</i>		0,42	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Paquicha roja	0,6
<i>Erythroxylum subrotundum</i>	Pando coca	0,6	<i>Rutaceae SPS 19</i>		0,6
<i>Eugenia</i>		0,6	<i>Sapindus saponaria</i>	Sullullo	0,69
<i>Eugenia feijoi</i>	Guayaba	0,79	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	Sutobitaca	1,23
<i>Eugenia involucrata</i>	Guayabochi	0,6	<i>Sebastiania SPS 77</i>		0,6
<i>Eugenia moraviana</i>		0,65	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	Leche leche	0,6
<i>Eugenia SPS 178</i>		0,65	<i>Seguiera americana</i>	Asnakiska	0,6
<i>Eugenia SPS 36</i>		0,65	<i>Serjania meridionalis</i>	Baston mora Jiska limon	0,6
<i>Eugenia SPS 68</i>		0,65	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	limon	0,77
<i>Eugenia SPS 93</i>		0,65	<i>Siphoneugena SPS 195</i>		0,6
<i>Fabaceae SPS 95</i>		0,6	<i>Sorocea guillemianiana</i>	Culandro	0,6
<i>Ficus cuatrecasana</i>	Mata palo	0,32	<i>Stryphnodendron guianense</i>	Canelon	0,57
<i>Ficus subandina</i>	Mata palo	0,39	<i>Sweetia fruticosa</i>	Kellu mani mani	0,9
<i>Ficus trigona</i>	Mata palo Leche leche mora	0,43	<i>Swietenia macrophylla</i>	Mara	0,53
<i>Forsteronia australis</i>		0,6	<i>Syagrus sancona</i>	Lime	0,6
<i>Gallesia integrifolia</i>	Ajo ajo	0,55	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Lulo bitaca	0,92
<i>Guarea guidonia</i>	Jatun trompillo	0,61	<i>Tabebuia ochracea</i>	Lulo	0,87
<i>Guatteria lasiocalyx</i>	Kepu sauno	0,36	<i>Terminalia triflora</i>	Lulo lila	0,75
<i>Guettarda viburnoides</i>	Anaria blanca	0,6	<i>Trichillia catigua</i>	Ñuto trompillo	0,6
<i>Hebanthe occidentalis</i>	Chaqui rinda	0,6	<i>Trichillia elegans</i>	Aceituna	0,6
<i>Heteropterys nervosa</i>		0,6	<i>Trichillia maynasiana</i>		0,69
<i>Hiraea grandifolia</i>		0,6	<i>Trichillia pleeana</i>	Motoyubi	0,67
<i>Holocalyx balansae</i>	Jacaranda	0,86	<i>Tynanthus schumannianus</i>		0,6
<i>Hura crepitans</i>	Manono	0,37	<i>Urera baccifera</i>	Itapallo	0,17
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jacobjaco	0,77	<i>Urera caracasana</i>	Sonso itapallo	0,38
<i>Indeterminado</i>		0,6	<i>Xylosma velutina</i>	Diablo quisca	0,6
<i>Inga ingoides</i>	Poroto pacay	0,5	<i>Zanthoxylum SPS 50</i>		0,6



**ANEXO 5. Lista de especies registradas en la parcela permanente de fondo de valle. Calculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) y del índice de Valor de Importancia Familiar (IVF).**

<b>Familia y especies</b>	<b>Nº de individuos</b>	<b>Abundancia %</b>	<b>Dominancia %</b>	<b>Frecuencia %</b>	<b>Diversidad %</b>	<b>IVF %</b>	<b>IVI %</b>
<b>Anacardiaceae</b>	<b>2</b>	<b>0,48</b>	<b>0,97</b>		<b>0,24</b>	<b>0,56</b>	
<i>Astronium fraxinifolium</i>	2	0,48	8,00	0,97			3,15
<b>Annonaceae</b>	<b>114</b>	<b>27,47</b>	<b>84,00</b>		<b>8,29</b>	<b>39,92</b>	
<i>Oxandra espintana</i>	114	27,47	84,00	8,29			39,92
Apocynaceae	1	0,48	8,00		0,10	2,86	
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	1	0,24	4,00	0,15			1,46
<b>Arecaceae</b>	<b>1</b>	<b>1,93</b>	<b>28,00</b>		<b>12,60</b>	<b>14,18</b>	
<i>Syagrus sancona</i>	1	0,48	8,00	0,10			2,86
<b>Bignoniaceae</b>	<b>1</b>	<b>0,96</b>	<b>16,00</b>		<b>0,19</b>	<b>5,72</b>	
<i>Arrabidaea pearcei</i>	1	0,24	4,00	0,04			1,43
<b>Bombacaceae</b>	<b>8</b>	<b>1,69</b>	<b>24,00</b>		<b>0,23</b>	<b>8,64</b>	
<i>Ceiba speciosa</i>	8	1,93	28,00	12,60			14,18
<b>Capparaceae</b>	<b>14</b>	<b>0,72</b>	<b>12,00</b>		<b>0,24</b>	<b>4,32</b>	
<i>Capparis amplissima</i>	10	2,41	32,00	4,25			12,89
<i>Capparis coimbrana</i>	4	0,96	16,00	0,19			5,72
<b>Euphorbiaceae</b>	<b>45</b>	<b>0,24</b>	<b>4,00</b>		<b>0,61</b>	<b>1,62</b>	
<i>Actinostemon concolor</i>	31	7,47	28,00	1,07			12,18
<i>Astrocasia jacobinensis</i>	7	1,69	24,00	0,23			8,64
<i>Hura crepitans</i>	7	1,69	24,00	10,55			12,08
<b>Fabaceae</b>	<b>50</b>	<b>1,20</b>	<b>20,00</b>		<b>0,95</b>	<b>7,38</b>	
<i>Acacia polyphylla</i>	3	0,72	12,00	0,24			4,32
<i>Albizia niopoides</i>	1	0,24	4,00	0,94			1,73
<i>Amburana cearensis</i>	4	0,96	12,00	2,93			5,30
<i>Machaerium pilosum</i>	1	0,24	4,00	0,61			1,62
<i>Machaerium trifoliolatum</i>	1	0,24	4,00	0,04			1,43
<i>Myroxylon balsamum</i>	14	3,37	36,00	2,52			13,96
<i>Ormosia boliviensis</i>	21	5,06	44,00	2,44			17,17
<i>Sweetia fruticosa</i>	5	1,20	20,00	0,95			7,38
<b>Juglandaceae</b>	<b>2</b>	<b>4,82</b>	<b>56,00</b>		<b>1,65</b>	<b>20,82</b>	
<i>Juglans boliviana</i>	2	0,48	8,00	0,52			3,00
<b>Lauraceae</b>	<b>4</b>	<b>1,20</b>	<b>20,00</b>		<b>0,45</b>	<b>7,22</b>	
<i>Nectandra megapotamica</i>	3	0,72	8,00	0,16			2,96
<i>Ocotea bofo</i>	1	0,24	4,00	0,17			1,47
<b>Lecythidaceae</b>	<b>2</b>	<b>0,24</b>	<b>4,00</b>		<b>0,02</b>	<b>1,42</b>	
<i>Cariniana ianeirensis</i>	2	0,48	8,00	3,45			3,98
<b>Malpighiaceae</b>	<b>1</b>	<b>0,24</b>	<b>4,00</b>		<b>0,35</b>	<b>1,53</b>	
<i>Hiraeae grandifolia</i>	1	0,24	4,00	0,04			1,43
<b>Meliaceae</b>	<b>27</b>	<b>0,48</b>	<b>8,00</b>		<b>0,08</b>	<b>2,85</b>	
<i>Guarea guidonia</i>	5	1,20	20,00	0,50			7,24



**ANEXO 6. Lista de especies registradas en la parcela permanente de ladera. Calculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) y del índice de Valor de Importancia Familiar (IVF).**

Familia y especies	Nº de individuos	Abundancia %	Dominancia %	Frecuencia %	Diversidad %	IVF %	IVI %
<b>Achatocarpaceae</b>	<b>8</b>	<b>0,79</b>	<b>0,31</b>		<b>0,10</b>	<b>0,40</b>	
<i>Achatocarpus praecox</i>	8	0,79	0,31	28,00			9,70
<b>Anacardiaceae</b>	<b>6</b>	<b>0,59</b>	<b>5,99</b>		<b>0,20</b>	<b>2,26</b>	
<i>Astronium urundeuva</i>	2	0,20	0,47	8,00			2,89
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	4	0,39	5,52	16,00			7,30
<b>Annonaceae</b>	<b>650</b>	<b>63,85</b>	<b>31,54</b>		<b>0,20</b>	<b>31,86</b>	
<i>Oxandra espintana</i>	647	63,56	31,44	100,00			65,00
<i>Rollinia emarginata</i>	3	0,29	0,10	8,00			2,80
<b>Apocynaceae</b>	<b>24</b>	<b>2,36</b>	<b>4,60</b>		<b>0,20</b>	<b>2,38</b>	
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	23	2,26	4,56	52,00			19,61
<i>Aspidosperma subincanum</i>	1	0,10	0,03	4,00			1,38
<b>Bignoniaceae</b>	<b>5</b>	<b>0,49</b>	<b>0,66</b>		<b>0,20</b>	<b>0,45</b>	
<i>Melloa quadrivalvis</i>	1	0,10	0,03	4,00			1,37
<i>Tabebuia ochracea</i>	4	0,39	0,64	16,00			5,68
<b>Bombacaceae</b>	<b>11</b>	<b>1,08</b>	<b>1,08</b>		<b>0,20</b>	<b>0,79</b>	
<i>Ceiba boliviana</i>	8	0,79	0,68	28,00			9,82
<i>Ceiba speciosa</i>	3	0,29	0,40	12,00			4,23
<b>Boraginaceae</b>	<b>1</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03</b>		<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	
<i>Cordia alliodora</i>	1	0,10	0,03	4,00			1,37
<b>Capparaceae</b>	<b>33</b>	<b>3,24</b>	<b>2,20</b>		<b>0,20</b>	<b>1,88</b>	
<i>Capparis coimbrana</i>	3	0,29	0,25	8,00			2,85
<i>Capparis polyantha</i>	30	2,95	1,95	64,00			22,96
<b>Combretaceae</b>	<b>4</b>	<b>0,39</b>	<b>0,42</b>		<b>0,10</b>	<b>0,30</b>	
<i>Terminalia triflora</i>	4	0,39	0,42	16,00			5,60
<b>Erythroxylaceae</b>	<b>5</b>	<b>0,49</b>	<b>0,28</b>		<b>0,10</b>	<b>0,29</b>	
<i>Erythroxylum subrotundum</i>	5	0,49	0,28	12,00			4,26
<b>Euphorbiaceae</b>	<b>2</b>	<b>0,20</b>	<b>0,06</b>		<b>0,20</b>	<b>0,15</b>	
<i>Sebastiania SPS 77</i>	1	0,10	0,04	4,00			1,38
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1	0,10	0,02	4,00			1,37
<b>Fabaceae</b>	<b>80</b>	<b>7,86</b>	<b>21,55</b>		<b>1,18</b>	<b>10,19</b>	
<i>Acacia loretensis</i>	9	0,88	0,66	20,00			7,18
<i>Amburana cearensis</i>	1	0,10	0,68	4,00			1,59
<i>Anadenanthera colubrina</i>	17	1,67	11,59	48,00			20,42
<i>Calliandra chulumania</i>	3	0,29	0,10	4,00			1,47
<i>Fabaceae SPS 95</i>	2	0,20	0,42	8,00			2,87
<i>Holocalyx balansae</i>	1	0,10	0,36	4,00			1,49
<i>Lonchocarpus leucanthus</i>	1	0,10	0,06	4,00			1,39
<i>Lonchocarpus obtusus</i>	6	0,59	0,58	20,00			7,06
<i>Machaerium scleroxylon</i>	15	1,47	1,46	40,00			14,31



ANEXO 7. Lista de especies registradas en la parcela permanente de cima. Cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) y del índice de Valor de Importancia Familiar (IVF).

Familia y especie	Nº de individuos	Abundancia %	Dominancia %	Frecuencia %	Diversidad %	IVF %	IVI %
<b>Amaranthaceae</b>	<b>1</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>		<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	
<i>Hebanthe occidentalis</i>	1	0,13	0,09	4,00			1,41
<b>Anacardiaceae</b>	<b>17</b>	<b>2,24</b>	<b>14,35</b>		<b>0,26</b>	<b>5,62</b>	
<i>Astronium urundeuva</i>	6	0,79	1,83	24,00			8,88
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	11	1,45	12,51	36,00			16,65
<b>Annonaceae</b>	<b>77</b>	<b>10,14</b>	<b>5,55</b>		<b>0,40</b>	<b>5,36</b>	
<i>Guatteria lasiocalyx</i>	4	0,53	0,43	12,00			4,32
<i>Oxandra espintana</i>	72	9,49	5,08	80,00			31,52
<i>Rollinia emarginata</i>	1	0,13	0,04	4,00			1,39
<b>Apocynaceae</b>	<b>30</b>	<b>3,95</b>	<b>7,13</b>		<b>0,53</b>	<b>3,87</b>	
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	13	1,71	3,19	36,00			13,63
<i>Aspidosperma rigidum</i>	12	1,58	3,18	16,00			6,92
<i>Aspidosperma subincanum</i>	3	0,40	0,68	8,00			3,03
<i>Forsteronia australis</i>	2	0,26	0,08	4,00			1,45
<b>Araliaceae</b>	<b>1</b>	<b>0,13</b>	<b>0,03</b>		<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	0,13	0,03	4,00			1,39
<b>Areceaceae</b>	<b>2</b>	<b>0,26</b>	<b>0,14</b>		<b>0,13</b>	<b>0,18</b>	
<i>Syagrus sancona</i>	2	0,26	0,14	8,00			2,80
<b>Bignoniaceae</b>	<b>37</b>	<b>4,87</b>	<b>5,10</b>		<b>0,53</b>	<b>3,50</b>	
<i>Macfadyena SPS 140</i>	1	0,13	0,06	4,00			1,40
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	22	2,90	3,13	60,00			22,01
<i>Tabebuia ochracea</i>	13	1,71	1,86	40,00			14,52
<i>Tynanthus schumannianus</i>	1	0,13	0,04	4,00			1,39
<b>Bombacaceae</b>	<b>15</b>	<b>1,98</b>	<b>1,70</b>		<b>0,40</b>	<b>1,36</b>	
<i>Ceiba boliviana</i>	11	1,45	0,75	32,00			11,40
<i>Ceiba speciosa</i>	3	0,40	0,87	8,00			3,09
<i>Pseudobombax septenatum</i>	1	0,13	0,08	4,00			1,40
<b>Boraginaceae</b>	<b>3</b>	<b>0,40</b>	<b>0,20</b>		<b>0,13</b>	<b>0,24</b>	
<i>Cordia alliodora</i>	3	0,40	0,20	12,00			4,20
<b>Capparaceae</b>	<b>26</b>	<b>3,43</b>	<b>2,97</b>		<b>0,40</b>	<b>2,26</b>	
<i>Capparis amplissima</i>	5	0,66	0,97	20,00			7,21
<i>Capparis coimbrana</i>	1	0,13	0,03	4,00			1,39
<i>Capparis polyantha</i>	20	2,64	1,96	44,00			16,20
<b>Celastraceae</b>	<b>3</b>	<b>0,40</b>	<b>0,54</b>		<b>0,13</b>	<b>0,35</b>	
<i>Maytenus cardenasii</i>	3	0,40	0,54	12,00			4,31
<b>Combretaceae</b>	<b>2</b>	<b>0,26</b>	<b>0,22</b>		<b>0,13</b>	<b>0,20</b>	
<i>Terminalia triflora</i>	2	0,26	0,22	8,00			2,83
<b>Erythroxylaceae</b>	<b>3</b>	<b>0,40</b>	<b>0,24</b>		<b>0,13</b>	<b>0,26</b>	
<i>Erythroxylum subtrotundum</i>	3	0,40	0,24	8,00			2,88

<b>Euphorbiaceae</b>	<b>1</b>	<b>0,13</b>	<b>0,03</b>		<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	
<i>Croton matourensis</i> Mart.	1	0,13	0,03	4,00			1,39
<b>Fabaceae</b>	<b>158</b>	<b>20,82</b>	<b>28,49</b>		<b>2,50</b>	<b>17,27</b>	
<i>Acacia loretensis</i>	25	3,29	2,14	56,00			20,48
<i>Albizia niopoides</i>	1	0,13	0,11	4,00			1,41
<i>Amburana cearensis</i>	10	1,32	3,79	32,00			12,37
<i>Anadenanthera colubrina</i>	4	0,53	1,51	12,00			4,68
<i>Bauhinia</i> SPS 187	2	0,26	0,09	8,00			2,79
<i>Holocalyx balansae</i>	5	0,66	2,17	12,00			4,94
<i>Hymenaea courbaril</i>	1	0,13	0,09	4,00			1,41
<i>Inga ingoides</i>	1	0,13	0,15	4,00			1,43
<i>Inga marginata</i>	1	0,13	0,04	4,00			1,39
<i>Inga striata</i>	5	0,66	0,31	16,00			5,65
<i>Lonchocarpus leucanthus</i>	3	0,40	0,17	12,00			4,19
<i>Machaerium acutifolium</i>	4	0,53	0,49	16,00			5,67
<i>Machaerium pilosum</i>	8	1,05	0,73	24,00			8,59
<i>Machaerium scleroxylon</i>	7	0,92	0,70	16,00			5,88
<i>Myroxylon balsamum</i>	60	7,91	8,11	80,00			32,01
<i>Piptadenia viridiflora</i>	9	1,19	0,40	16,00			5,86
<i>Platymiscium pinnatum</i>	2	0,26	0,72	8,00			2,99
<i>Stryphnodendron guianense</i>	2	0,26	6,11	8,00			4,79
<i>Sweetia fruticosa</i>	8	1,05	0,65	28,00			9,90
<b>Flacourtiaceae</b>	<b>7</b>	<b>0,92</b>	<b>0,58</b>		<b>0,26</b>	<b>0,59</b>	
<i>Banara tomentosa</i>	3	0,40	0,14	12,00			4,18
<i>Casearia gossypiosperma</i>	4	0,53	0,44	16,00			5,66
<b>Indeterminado</b>	<b>1</b>	<b>0,13</b>	<b>0,06</b>		<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	
<i>Indeterminado</i>	1	0,13	0,06	4,00			1,40
<b>Lauraceae</b>	<b>34</b>	<b>4,48</b>	<b>3,00</b>		<b>0,40</b>	<b>2,62</b>	
<i>Nectandra megapotamica</i>	27	3,56	1,77	44,00			16,44
<i>Ocotea bofo</i>	2	0,26	0,52	8,00			2,93
<i>Ocotea</i> SPS 173	5	0,66	0,71	16,00			5,79
<b>Lecythidaceae</b>	<b>2</b>	<b>0,26</b>	<b>1,03</b>		<b>0,13</b>	<b>0,48</b>	
<i>Cariniana estrellensis</i>	2	0,26	1,03	8,00			3,10
<b>Malphiaceae</b>	<b>5</b>	<b>0,66</b>	<b>1,27</b>		<b>0,26</b>	<b>0,73</b>	
<i>Byrsonima</i> SPS 200	4	0,53	1,23	16,00			5,92
<i>Heteropterys nervosa</i>	1	0,13	0,04	4,00			1,39
<b>Meliaceae</b>	<b>56</b>	<b>7,38</b>	<b>4,52</b>		<b>0,53</b>	<b>4,14</b>	
<i>Guarea guidonia</i>	2	0,26	0,27	8,00			2,84
<i>Trichilia catigua</i>	6	0,79	0,24	16,00			5,68
<i>Trichilia elegans</i>	23	3,03	1,33	56,00			20,12
<i>Trichilia maynasiana</i>	25	3,29	2,69	40,00			15,33
<b>Moraceae</b>	<b>27</b>	<b>3,56</b>	<b>4,35</b>		<b>0,66</b>	<b>2,86</b>	
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	20	2,64	2,48	32,00			12,37
<i>Ficus cuatrecasana</i>	2	0,26	1,63	8,00			3,30
<i>Ficus subandina</i>	1	0,13	0,03	4,00			1,39
<i>Pseudolmedia laevigata</i>	3	0,40	0,18	8,00			2,86
<i>Sorocea guilleminiana</i>	1	0,13	0,03	4,00			1,39
<b>Myrtaceae</b>	<b>120</b>	<b>15,81</b>	<b>9,37</b>		<b>1,84</b>	<b>9,01</b>	
<i>Aulomyrcia leucadendron</i>	4	0,53	1,60	8,00			3,38
<i>Eugenia</i>	1	0,13	0,03	4,00			1,39
<i>Eugenia feijoi</i>	1	0,13	0,04	4,00			1,39



ANEXO 8. Tabla de especies exclusivas de las parcelas de fondo de valle, ladera y cima

Nombre científico	Fondo de valle	Ladera	Cima	Nombre científico	Fondo de valle	Ladera	Cima
	Nº ind	Nº ind	Nº ind		Nº ind	Nº ind	Nº ind
<i>Acacia polyphylla</i>	3			<i>Lonchocarpus obtusus</i>		6	
<i>Achatocarpus praecox</i>		8		<i>Machaerium acutifolium</i>			4
<i>Actinostemon concolor</i>	31			<i>Machaerium trifoliolatum</i>	1		
<i>Allophylus edulis</i>	1			<i>Maclura tinctoria</i>	1		
<i>Allophylus mollis</i>	1			<i>Mascagnia poeppigiana</i>		1	
<i>Arrabidaea pearcei</i>	1			<i>Maytenus cardenasii</i>			3
<i>Aspidosperma rigidum</i>			12	<i>Melloa quadrivalvis</i>		1	
<i>Astrocasia jacobinensis</i>	7			<i>Metrodorea flavida</i>			3
<i>Astronium fraxinifolium</i>	2			<i>Myrcia magnifolia</i>			4
<i>Aulomyrcia leucadendron</i>			4	<i>Myrcianthes pungens</i>			24
<i>Batocarpus amazonicus</i>	1			<i>Ocotea SPS 173</i>			5
<i>Bauhinia SPS 187</i>			2	<i>Ormosia boliviensis</i>	21		
<i>Brosimum gaudichaudii</i>			20	<i>Pentaplaris davidsmithii</i>	18		
<i>Bunchosia SPS 102</i>		1		<i>Piper amalago</i>	5		
<i>Byrsonima SPS 200</i>			4	<i>Platymiscium pinnatum</i>			2
<i>Calliandra chulumania</i>		3		<i>Pogonopus tubulosus</i>	2		
<i>Cariniana estrellensis</i>			2	<i>Pseudolmedia laevigata</i>			3
<i>Cariniana ianeirensis</i>	2			<i>Randia armata</i>	1		
<i>Cedrela fissilis</i>		2		<i>Rauia resinosa</i>	7		
<i>Celtis brasiliensis</i>		1		<i>Rubiaceae SPS 85</i>			5
<i>Chrysophyllum SPS 8</i>	2			<i>Ruprechtia apetala</i>		1	
<i>Clarisia biflora</i>	5			<i>Rutaceae SPS 19</i>	3		
<i>Cupania vernalis Cambess.</i>			4	<i>Sapindus saponaria</i>	6		
<i>Eugenia involucrata</i>			12	<i>Sebastiania SPS 77</i>			1
<i>Fabaceae SPS 95</i>		2		<i>Sebastiania brasiliensis</i>			1
<i>Ficus cuatrecasana</i>			2	<i>Sequiera americana</i>			1
<i>Ficus trigona</i>	2			<i>Serjania meridionalis</i>	1		
<i>Forsteronia australis</i>			2	<i>Swietenia macrophylla</i>	1		
<i>Guatteria lasiocalyx</i>			4	<i>Tabebuia impetiginosa</i>			22
<i>Hiraea grandifolia</i>	1			<i>Trichilia pleeana</i>	20		
<i>Hura crepitans</i>	7			<i>Urera caracasana</i>	8		
<i>Inga striata</i>			5	<i>Xylosma velutina</i>		3	
<i>Juglans boliviana</i>	2			<i>Zanthoxylum SPS 50</i>	3		