

**Estructura y composición florística de un bosque en la localidad de Cuatro Arroyos, Prov. Carrasco, Cochabamba, Bolivia**

Structure and floristic comp

osition of a forest in the locality of Cuatro Arroyos, Carrasco province, Cochabamba, Bolivia

Claudia Montaña y Erika Fernández

Carrera y Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad

Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, Tel. 72277532,

Email: erika\_fer2003@yahoo.es

**Resumen**

La unidad de estudio está ubicada biogeográficamente en la región Amazónica y forma parte del bosque Amazónico Preandino. El objetivo fue contribuir al conocimiento determinando la estructura y la composición florística de un bosque en la localidad de Cuatro Arroyos, provincia Carrasco, Cochabamba. El muestreo sistemático, se realizó entre 2013 y 2014, instalándose 10 transectos (2 x 50 m) en una superficie de 24 ha. Se registraron todos los individuos con diámetro mayor o igual a 2,5 cm; resultando un total de 1143 individuos, que pertenecen a 49 familias, 74 géneros y 106 especies. Las familias con mayor riqueza fueron Melastomataceae, Rubiaceae y Fabaceae. Las especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron *Eschweilera coriacea*, *Sloanea fragrans* y *Handroanthus serratifolius*. La distribución diamétrica para estos bosques tuvo un patrón de “J invertida”, lo cual indica que tiene una buena regeneración. El índice de Shannon-Wiener mostró que la diversidad vegetal en la zona de estudio depende del estado y las características que presenta. Es así que, debido al estado variable del bosque, el índice de Sorensen confirma que es un bosque heterogéneo, no influido por el relieve y sí por el estado del bosque. De acuerdo al análisis realizado, la formación vegetal de la zona de estudio pertenece a un bosque en estado de recuperación, el que a su vez presenta un número considerado de especies nativas representativas de este tipo de ecosistema. Actualmente se está implementando un proyecto ecoturístico, a partir de este trabajo de investigación, el que sin duda fortalecerá el plan de conservación y manejo sostenible del lugar.

**Palabras clave:** Arboles, arbustos, Bolivia, Chapare, estructura.

## Abstract

The study area is located biogeographically in the Amazonian region, being part of the pre-Andean Amazonian Forest. The aim was to increase the knowledge of this area by determining the floristic composition and structure of one forest of the locality Cuatro Arroyos. Field work was carried out between 2013 and 2014. Ten random transects of 2 m × 50 m were established in a surface of 24 ha. All individuals with a diameter at breast height (DBH)  $\geq 2,5$  cm were considered. A total of 1143 individuals were recorded, belonging to 49 families, 74 genera and 106 species. The families with the highest species richness were Melastomataceae, Rubiaceae and Fabaceae. The species with the highest Importance Value Index (IVI) were *Eschweilera coriacea*, *Sloanea fragrans* and *Handroanthus serratifolius*. The diametric distribution for the forest showed an inverted-J pattern, which indicates a good forest recovery. The Shannon-Wiener Index showed that plant diversity depends on the state and the characteristics of the area. Thus, due to the variable state of the forest, the Sorensen Index confirmed an heterogeneity influenced by the forest state and not by the relief. According to the analyses performed, the plant formation of the study area belongs to a forest in a state of recovery, which in turn presents a number of native species representative of the ecosystem type. Based on this study, an ecotourism project is currently being implemented, which will undoubtedly strengthen the conservation and sustainable management plan for this area.

**Keywords:** trees, shrubs, Bolivia, Chapare, forest structure.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales albergan gran parte de la biodiversidad del planeta y nos proporcionan muchos productos y servicios ambientales; razón por la cual se requiere obtener suficiente información para mejorar el manejo de los recursos del bosque. La región Amazónica en Bolivia alberga una variedad de ecosistemas por estar ubicada en una zona de transición, entre la Cordillera Oriental de los Andes y el Llano Amazónico. El mosaico de ecosistemas de esta gran región, caracterizados con la presencia de bosques de alta diversidad, determinan que en la localidad de Ivirgarzama se encuentren las selvas pluviales Amazónicas de tierra firme del Chapare clasificada con una composición y estructura vegetal muy particular (Navarro & Maldonado 2002). En esta región el clima, los suelos y los regímenes de inundación son los factores más importantes que influyen en los patrones de la diversidad de especies (Ibisch & Mérida 2003). Presenta ambientes fisiográficos muy diferentes de un sector a otro, encontrándose diversos tipos de

bosques que varían en composición, estructura y productividad (Araujo-Murakami *et al.* 2005a).

Por otra parte, esta ecorregión constituye uno de los tipos de vegetación más amenazados de Bolivia, debido al avance indiscriminado y descontrolado de la colonización agrícola y la explotación maderera, por lo que es necesario mejorar el estado de conocimiento y una urgente protección efectiva. La urgencia de elaborar un plan de reordenamiento territorial, en estos ecosistemas en peligro, tiene mayor justificación debido a que ambientes similares fueron casi exterminados totalmente en los países vecinos (Navarro 1997).

Actualmente, los estudios de la vegetación en la región Amazónica de Bolivia son reducidos. Si bien el conocimiento está incrementado, la información es aún escasa y dispersa. El presente estudio tiene el propósito de contribuir al conocimiento de la estructura y composición florística de los bosques en la localidad de Cuatro Arroyos, provincia Carrasco, Cochabamba, a partir del cual se podrán implementar de mejor manera planes de conservación, manejo sostenible y uso adecuado de dichos recursos en el tiempo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

La zona de estudio fue en Cuatro Arroyos, propiedad privada que tiene una extensión de 24 ha y se encuentra sobre la carretera Cochabamba-Santa Cruz; en la localidad de Ivirgarzama. La localidad de Ivirgarzama se encuentra ubicada a 220 Km de la ciudad de Cochabamba, entre los paralelos 16°45` y 17°15` latitud Sur y los meridianos 64° 40` y 65° 7` 30`` de longitud Oeste; a una altura promedio de 266 msnm (Figura 1). Pertenece a la quinta sección de Puerto Villarroel, provincia Carrasco del departamento de Cochabamba; limita al Norte con los ríos Chimoré e Ichilo, al Sur el municipio de Entre Ríos, al Este tiene el límite natural con la sexta sección constituida por las nacientes del río Isarzama hasta sus nacientes y al Oeste el río Chimoré hasta la confluencia con el río Cesarzama y éste hasta sus nacientes (Centro de Información y Desarrollo Social 2001).

La precipitación presenta un promedio de 3191 mm anuales (Navarro 2011), siendo las épocas más lluviosas los meses de noviembre-abril y los periodos de sequía están entre mayo y octubre, al interior de estos meses existen algunas precipitaciones esporádicas (Siles 2007). El clima es cálido con temperaturas promedio anuales de 24.2 °C (PGMF 2011), las temperaturas extremas altas



## Métodos

El trabajo de campo se realizó desde marzo del 2013 a noviembre del 2014. Se consideró la extensión de la propiedad, correspondientes a 24 ha, para la instalación de los transectos y las colectas generales de especies de herbáceas y bejucos que destacaban su presencia en la zona de estudio. Se instalaron 10 transectos de 2 x 50 m (0.01 ha), que representa el 0.42 % del área total de la parcela en estudio.

Los transectos fueron distribuidos en zonas donde el bosque se encuentra en diferentes estados de conservación (Tabla 1). El muestreo fue sistemático debido a que la zona presenta pequeñas colinas, sin grandes zonas accidentadas ni de muy difícil acceso.

Tabla 1. Variantes topográficas del bosque y estado de conservación por transecta

No.	Tipo de bosque	Estado de conservación
1	Bosque en pequeña colina	Bosque conservado
2	Bosque en ladera	Bosque conservado
3	Bosque en terraza antigua (borde de arroyo)	Bosque conservado
4	Bosque en terraza antigua (cerca de arroyo)	Bosque conservado
5	Bosque en tierra firme plana	Bosque poco intervenido
6	Bosque en tierra firme (cerca de camino)	Bosque poco intervenido
7	Bosque en terraza (cerca de arroyo)	Bosque poco intervenido
8	Bosque en tierra firme plana	Bosque en recuperación
9	Bosque en tierra firme plana	Bosque en recuperación
10	Bosque en tierra firme plana	Bosque intervenido (presencia de senderos)

En el estudio de diversidad florística se reconocieron las formas de crecimiento de los estratos arbóreo y arbustivo según Londoño & Álvarez (1997). En el estrato arbóreo se tomaron en cuenta los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 5$  cm y para el estrato arbustivo individuos con un DAP  $\geq 2,5$  cm; todos los datos fueron registrados en planillas de campo respectivas. La altura total (distancia entre la base y el ápice) de los individuos fue estimada.

Las muestras se procesaron de acuerdo con normas clásicas de herborización, que consisten en el prensado, alcoholizado y/o secado utilizando estufa. Posteriormente, las muestras fueron identificadas mediante literatura especializada y herbarios virtuales del Missouri Botanical Garden, New York Botanical Garden, además de comparar con los especímenes del Herbario Nacional Martín Cárdenas de Cochabamba. Los datos recopilados en el campo se introdujeron en una base Excel para posteriormente ser analizados.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) para especie y familia es una expresión sencilla en porcentaje que involucra varias características estructurales de los bosques como la abundancia relativa (AR), dominancia relativa (DR) y frecuencia relativa (FR), se calculó de acuerdo con la propuesta de Ordóñez (2002).

$$\text{IVI} = \text{AR} + \text{FR} + \text{DR}$$

Por otra parte, el índice de Shannon-Wiener contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

$$H = -\sum P_i \ln P_i$$

Dónde:

H = Índice de Shannon-Wiener

P<sub>i</sub> = N° de individuos de cada especie / N° total de individuos de todas las especies

Ln = Logaritmo natural o neperiano

El índice de Sørensen, permitió calcular el grado de similitud, a nivel de transectos, a partir de la siguiente fórmula:

$$K_s = \frac{2c}{a+b} \times 100$$

Dónde:

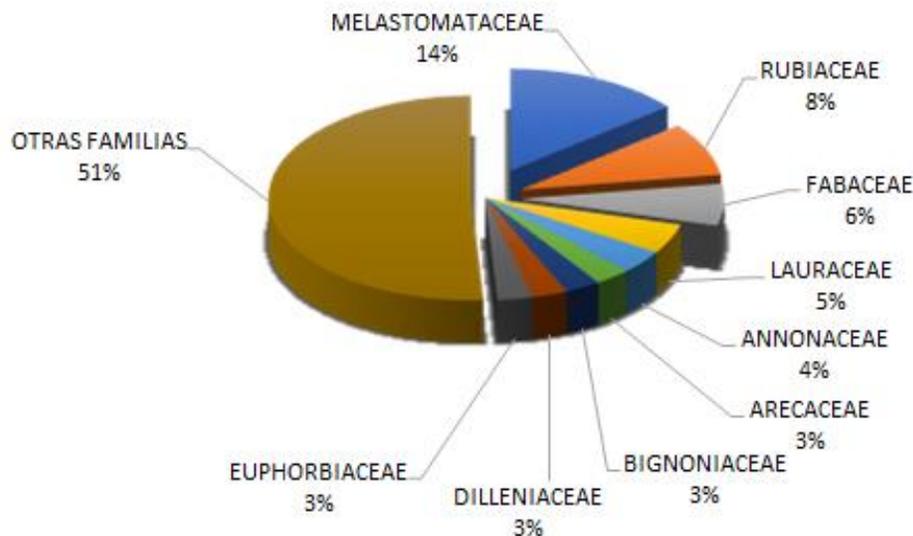
a = número de especies en el muestreo a

b = número de especies en el muestreo b

c= número de especies comunes en ambos muestreos

## RESULTADOS

En el presente estudio se registró un total de 1143 individuos, pertenecientes a 49 familias, 74 géneros y 106 especies (Anexo 1). Únicamente en el análisis de riqueza se consideraron a todas las especies, de las cuales 15 corresponden a hierbas, bejucos y otras formas arbustivas que eran parte del sotobosque. La familia con mayor número de especies fue Melastomataceae (15 spp.), seguida de Rubiaceae con 9 especies y Fabaceae con 7. Las 9 familias con mayor cantidad de especies constituyen el 49%, mientras que las restantes 40 familias representan el 51% (Figura 2).



**Figura 2.** Relación porcentual de las 9 familias con mayor número de especies en la localidad de Cuatro Arroyos

Las 20 especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI), representan el 61,7% y las 71 restantes suman un 38,3 % de valor de importancia total; donde las especies con menor valor son *Bauhinia forticata* y *Jacaranda copaia*. Otras especies relevantes de esta comunidad vegetal y elevado IVI son *Eschweilera coriacea*, *Sloanea fragrans*, *Handroanthus serratifolius* seguidas de *Cymbopetalum cf. longipes* y *Socratea exorrhiza* (Tabla 2).

Las 15 familias más importantes según el IVIF, representan el 76.4% del valor total, donde Lecythidaceae presenta el valor más alto seguida por Melastomataceae, Bignoniaceae, Arecaceae y Eleaeocarpaceae con valores

similares. Las familias restantes presentan un valor conjunto de 21%, y las familias Combretaceae, Calophyllaceae y Malvaceae presentan los valores más bajos (Tabla 3). Si bien éstas no presentan valores altos de AR o FR, son familias dominantes, donde las especies que las representan tienen los valores más altos en cuanto al DAP. Es así que, las familias Melastomataceae, Arecaceae, Annonaceae y Fabaceae son las más abundantes.

**Tabla 2.** Lista de las 20 especies con mayor IVI en la Localidad de Cuatro Arroyos. Donde: AR= abundancia relativa, FR= frecuencia relativa, DR= dominancia relativa, IVI= Índice de Valor de Importancia.

Especie	AR	FR	DR	IVI
<i>Eschweilera coriacea</i>	3,5	2,6	23,7	9,9
<i>Sloanea fragrans</i>	0,1	0,3	18,3	6,2
<i>Handroanthus serratifolius</i>	0,9	1,3	14,6	5,6
<i>Cymbopetalum cf. longipes</i>	7,0	1,6	5,9	4,8
<i>Socratea exorrhiza</i>	5,7	2,6	5,0	4,4
<i>Virola sebifera</i>	6,6	2,2	0,6	3,2
<i>Miconia tomentosa</i>	4,2	2,2	2,5	3,0
<i>Albizia sp.</i>	4,7	0,3	3,6	2,9
<i>Geonoma deversa</i>	4,2	2,2	2,1	2,9
<i>Clidemia sp1.</i>	4,2	2,2	1,9	2,8
<i>Alsophila sp.</i>	3,3	1,3	2,9	2,5
<i>Neea cf. ovalifolia</i>	2,8	1,9	0,3	1,7
<i>Palicourea grandiflora</i>	2,3	0,6	1,9	1,6
<i>Nectandra cuspidata</i>	1,7	2,6	0,6	1,6
<i>Miconia bubalina</i>	0,6	1,9	2,3	1,6
Otros	47,9	73	13,6	44,8
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Existe un predominio casi absoluto de individuos cuyo diámetro es inferior a los 25 cm (Figura 3). Esto muestra que este bosque está constituido en su mayoría por árboles pequeños y arbustos correspondientes a las familias Melastomataceae, Annonaceae, Fabaceae, Arecaceae y Rubiaceae.

La clase diamétrica de 2.5-22.5 representó un 87,1% de la estructura horizontal total, las especies con mayor número de individuos fueron *Miconia tomentosa*, *Cymbopetalum cf. longipes* y *Socratea exorrhiza*. Las clases siguientes 22.6-42.5 y 42.6-62.5 representa el 8-6 % y 2.1% respectivamente, donde *Clidemia sp.* y *Albizia sp.* fueron las especies abundantes. Las clases 62.6-82.5 y 82.6-102.5 en

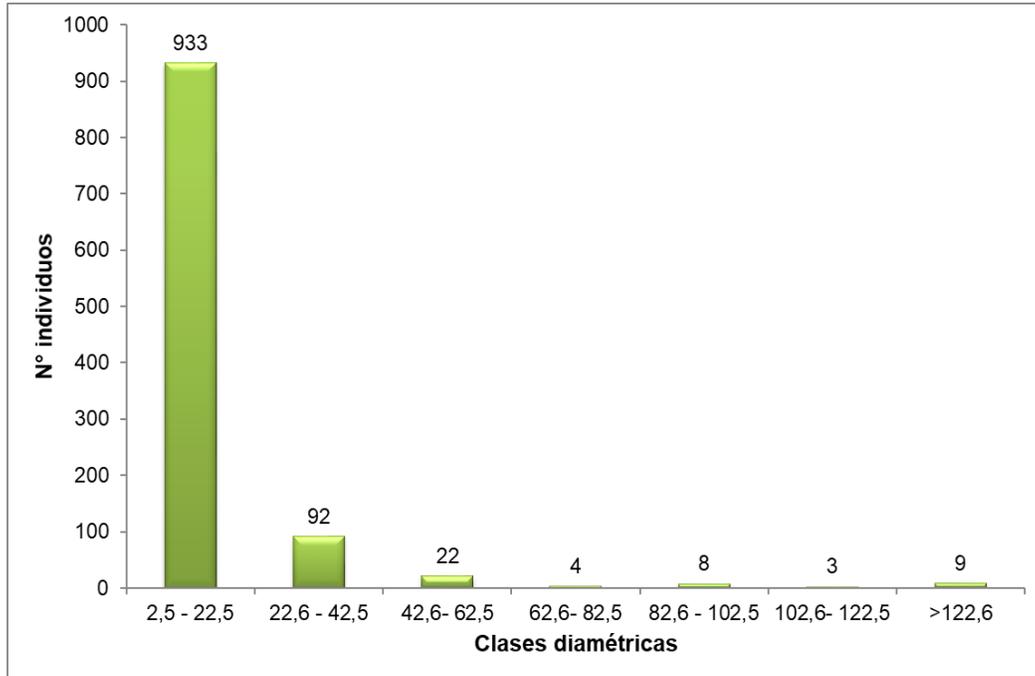
conjunto representan el 1.1% donde *Handroanthus serratifolius* es la especie más abundante. Por último, las clases 102.6-122.5 y >122.6 en conjunto suman el 1.1% representado por los valores más altos que van de 122 a más de 230 cm, con 4 a 5 individuos de *Eschweilera coriacea* y *Sloanea fragrans*, especies características y de gran importancia en esta zona.

**Tabla 3.** Índice de valor de importancia (IVIF) de las 20 familias más importantes en la localidad de Cuatro Arroyos. Dónde: AR: Abundancia Relativa; FR: Frecuencia relativa; DR: Dominancia relativa; IVI= Índice de valor de importancia.

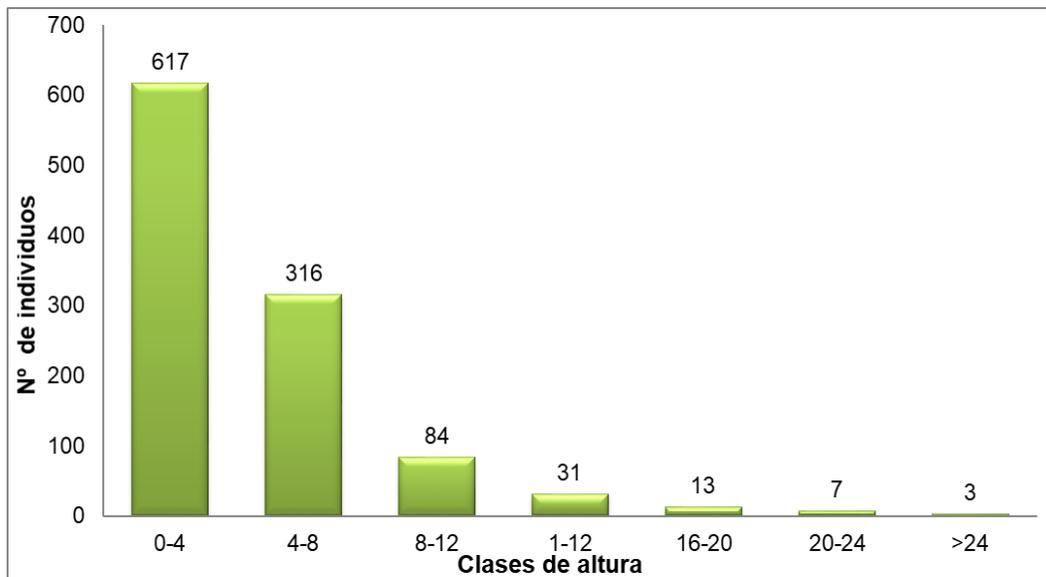
FAMILIA	AR	FR	DR	IVIF
LECYTHIDACEAE	3,4	4,0	23,8	10,4
MELASTOMATACEAE	17,9	5,0	6,9	9,9
BIGNONIACEAE	2,8	3,0	16,4	7,4
ARECACEAE	9,9	5,0	7,3	7,4
ELAEOCARPACEAE	0,6	2,0	18,4	7,0
ANNONACEAE	8,0	4,0	5,9	6,0
FABACEAE	7,6	5,0	3,1	5,2
MYRISTICACEAE	4,7	4,0	3,8	4,1
CYATHEACEAE	4,1	4,0	1,9	3,3
LAURACEAE	3,6	4,0	1,5	3,0
SAPINDACEAE	5,7	3,0	0,0	2,9
EUPHORBIACEAE	3,6	4,5	0,7	2,9
SIPARUNACEAE	3,3	3,5	0,6	2,5
RUBIACEAE	1,0	5,0	1,3	2,4
NYCTAGINACEAE	2,7	3,0	0,3	2,0
STYRACACEAE	1,2	3,5	0,6	1,8
PHYLLANTHACEAE	0,5	2,0	2,4	1,6
SALICACEAE	3,3	1,5	0,1	1,6
VIOLACEAE	1,6	2,5	0,4	1,5
URTICACEAE	1,6	2,0	0,4	1,3

Se puede deducir que este tipo de bosque presenta un predominio de especies de bajo porte (Figura 4). Esto debido a que el dosel arbustivo (dosel inferior) es el más denso y representa el 57.6% de la estructura vertical, donde *Miconia tomentosa*, *Geonoma deversa* y *Cymbopetalum* cf. *longipes* son las especies que presentan mayor número de individuos. Las clases 4-8 y 8-12 representan el dosel medio y constituyen el 37.3%; donde *Cymbopetalum* cf. *longipes*, *Socratea exorrhiza* y *Alsophila* sp., son las especies con mayor número de individuos. Las clases 12-14 y 14-18 representan el dosel superior y constituyen el 4.1% donde

*Socratea exorrhiza*, *Handroanthus serratifolius* y *Virola sebifera* son las especies con mayor número de individuos. Por último, las clases 20-24 y >24 representan al dosel emergente, donde tenemos a *Eschweilera coriacea*, *Handroanthus serratifolius*, *Sloanea fragrans* y *Virola sebifera* como las especies representativas con el 0.9 % de la estructura total.



**Figura 3.** Distribución de árboles por clase diamétrica la localidad de Cuatro Arroyos



**Figura 4.** Número de individuos registrados por clases de altura en Cuatro Arroyos

La estructura vertical presenta el mismo patrón que la horizontal, con gran abundancia de individuos en las clases de tamaños menores y a medida que aumenta la altura, el número de individuos disminuye proporcionalmente.

Los individuos de algunas especies, como *Socratea exorrhiza*, *Eschweilera coriacea*, *Virola sebifera* y *Cymbopetalum* cf. *Longipes*, se encuentran presentes en varios estratos (Tabla 4). Por otra parte, existen individuos que sólo se encuentran en el estrato superior y emergente como ser *Handroanthus serratifolius* y *Sloanea fragrans*.

**Tabla 4.** Especies con mayor número de individuos en los diferentes estratos de la estructura vertical

Dosel inferior Altura: 1-4 m	Dosel medio Altura: 4-12 m	Dosel superior Altura: 12-20 m	Dosel emergente Altura: 20 o más
<i>Miconia tomentosa</i>	<i>Cymbopetalum</i> cf.	<i>Socratea exorrhiza</i>	<i>Eschweilera</i>
<i>Geonoma deversa</i>	<i>longipes</i>	<i>Handroanthus</i>	<i>coriacea</i>
<i>Cymbopetalum</i> cf.	<i>Socratea exorrhiza</i>	<i>serratifolius</i>	<i>Handroanthus</i>
<i>longipes</i>	<i>Albizia</i> sp.	<i>Virola sebifera</i>	<i>serratifolius</i>
<i>Socratea exorrhiza</i>	<i>Virola sebifera</i>	<i>Sloanea fragrans</i>	<i>Sloanea fragrans</i>
<i>Albizia</i> sp.	<i>Alsophila</i> sp.		<i>Virola sebifera</i>
<i>Virola sebifera</i>	<i>Clidemia</i> sp.		

El análisis de diversidad de Shannon – Wiener aplicado para comparar entre transectos, indica que los transectos 1, 3 y 4 presentaron mayor valor mientras que los transectos 9 y 10 presentaron los valores más bajos (Tabla 5).

Esta variación muestra que la alteración o topografía (cerca a un arroyo), influye en los valores de este índice. Por tanto, los transectos que presentan valores mayores en este índice coinciden con su estado, siendo bosques poco intervenidos, que se encuentran cerca de un arroyo y de difícil acceso. Contrariamente, los transectos con valores bajos se relacionan a lugares donde hay algún tipo de intervención como la presencia de un sendero, cercanía a una pequeña construcción, lugares donde hubo una tala, etc.

**Tabla 5.** Índice de diversidad de Shannon-Wiener en los transectos de Cuatro Arroyos

Transecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Shannon-Wiener	3.26	3.12	3.28	3.41	3.01	2.82	2.96	2.89	2.10	2.51

El índice de Sorensen fue aplicado para determinar la similitud entre las especies presentes en los 10 transectos. El índice de similitud alcanzó el valor menor (22.86) en la comparación de los transectos 3-8 con un valor de (Tabla 6). Otras parcelas con valores bajos fueron 1-10; 2-10 y 3-10. Los mayores índices resultaron entre los transectos 6-7 y 8-9 con valores de 82.35 y 63.64, respectivamente.

**Tabla 6.** Similitud entre transectas en función al índice de Sørensen en Cuatro Arroyos. A lo largo de la diagonal central se encuentra el número de especies, por debajo el número de especies en común entre las parcelas y por arriba el índice de Sørensen.

Transecta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>38</b>	54.05	35.14	41.56	42.86	<b>39.39</b>	42.86	41.67	37.14	23.73
2	20	<b>36</b>	44.44	48.00	44.12	<b>50.00</b>	47.06	51.43	52.94	24.56
3	13	16	<b>36</b>	50.67	52.94	37.50	38.24	22.86	29.41	28.07
4	16	18	19	<b>39</b>	42.25	44.78	53.52	35.62	36.62	36.67
5	15	15	18	15	<b>32</b>	56.67	46.88	42.42	43.75	41.51
6	13	16	12	15	17	<b>28</b>	82.35	41.94	56.67	48.98
7	15	16	13	19	15	16	<b>32</b>	51.52	46.88	52.83
8	15	18	8	13	14	13	17	<b>34</b>	63.64	43.64
9	13	15	10	13	14	17	15	21	<b>32</b>	52.83
10	7	10	8	11	11	12	14	12	14	<b>21</b>

## DISCUSIÓN

Los bosques amazónicos preandinos comprenden una de las áreas de mayor diversidad florística en Bolivia (Ibisch & Mérida 2003); sin embargo, aún son escasos los estudios florístico-ecológicos. Estudios desarrollados sobre temas relacionados a riqueza, diversidad, estructura de la flora y vegetación fueron realizados principalmente en el proyecto Madidi (Foster & Gentry 1991, Acebey & Kromer 2001, Calzadilla 2004, Araujo *et al.* 2005a, 2005b, De la Quintana *et al.* 2005, Choque 2007, Araujo *et al.* 2012). Además de trabajos en la región del Chapare como informes técnicos y tesis de grado (Sanabria 1995, Sandoval 1998, Castellón 1999, Aguilar 2002, Siles 2007).

Respecto al análisis de la riqueza específica, resultados similares se encontraron en ecosistemas homólogos (Araujo *et al.* 2005a) en un bosque amazónico

preandino; donde destacan además su riqueza las familias mencionadas y otras como Sapotaceae, Myrtaceae y Meliaceae. Por otra parte, De la Quintana *et al.* (2005), indica que en un bosque amazónico preandino en La Paz, también se encuentran a Fabaceae, Rubiaceae, Moraceae, Arecaceae, Sapotaceae, Annonaceae y Euphorbiaceae como las familias con mayor riqueza específica. La comparación con estos resultados muestra que en el sector Preandino, la riqueza de las diferentes familias muestra gran similitud o patrones similares en toda esta ecorregión.

Así también, sobre la base de los resultados presentados, se puede notar que un aspecto importante en la variabilidad de los resultados (riqueza florística), es el método y los criterios del muestreo como por ejemplo el DAP mínimo de medición. En el presente estudio se registraron 86 especies en 0.1 ha tomando en cuenta sólo a los individuos con un DAP >10 cm, pero si tomamos en cuenta a los individuos con DAP > 2.5 cm, el registro de especies sube a 96 especies. También Boom (1987) registró 94 especies en una parcela de 0.1 ha, localizada en la provincia Vaca Diez del departamento del Beni. Foster & Gentry (1991), documentaron un total de 204 especies en 0.1 ha (2 x 50 m x 10 réplicas), tomando en cuenta en su metodología a individuos con DAP > 2.5 cm, en la región de Alto Madidi. De la misma manera, los patrones de diversidad en las regiones tropicales, varía fundamentalmente según la latitud (mayor diversidad en la latitud del Ecuador y gradualmente menor hacia latitudes más norteñas o sureñas). Según la altitud, mayor diversidad en tierras bajas y gradualmente menor a mayor altitud.

La disminución de la diversidad de especies en relación con el incremento de la latitud es uno de los modelos o patrones de diversidad más fuerte y conocida (Gentry 1988). Por otro lado, la amplitud de la estacionalidad o periodo seco podría ser otro de los factores importantes (Araujo-Murakami *et al.* 2015). Los resultados muestran que los valores de la riqueza de especies esta fuertemente influenciada por las condiciones bioclimáticas, así como la biogeografía de las especies mayormente amazónicas y las pequeñas variantes topográficas del terreno que influyen en la presencia de espacios diferenciados para comunidades vegetales distintas.

La distribución diamétrica registrada en este estudio presentó la distribución característica de los bosques tropicales, mostrando una curva en forma de “J invertida”, que declina en la frecuencia de aparición de los individuos a medida que incrementa el tamaño y el grosor de los árboles (Lamprecht 1990, Vargas 1996). Esta disminución de los individuos está explicada por la dinámica de crecimiento y mortalidad de los individuos, además de los reemplazos que

mantienen esta estructura del bosque (Baslev *et al.* 1987). Cabe mencionar que la zona de estudio presenta sectores que estuvieron sometidos a talas por un sistema de cableado que la atraviesa, éste también puede ser un factor más por el cual no se registraron individuos de diámetros mayores.

La estructura diamétrica en la mayoría de los bosques tropicales está dada por un alto número de individuos con clases diamétricas menores y muy pocos individuos en las categorías altas (Lamprecht 1990, Seidel 1995, Vargas 1996, Soux 2011). Estas tendencias también se hallaron en el estudio realizado en Río Hondo (De la Quintana 2005), resultados donde la clase diamétrica de 10–20 cm presentaron altos porcentajes (84%).

Por otro lado, el peso ecológico de las especies y el mayor o menor nivel de adaptación de las especies es representado por el índice del valor de importancia. La obtención de índices de valor de importancia similares para las especies indicadoras sugiere la igualdad o por lo menos cierta semejanza entre muestras y/o tipos de bosques (Lamprecht 1990). Esto se pudo comprobar a partir de comparaciones entre estudios realizados en los diferentes departamentos que pertenecen al mismo sector biogeográfico, los que presentan familias similares denominadas como las más importantes.

Existen especies que se encuentran esparcidas en todos los estratos, varias de estas especies se describen como las que se encontraban en común entre todos los transectos. Esta situación, de acuerdo con Pitman *et al.* (2001), se debe a la existencia de una porción de especies que son omnipresentes y relativamente comunes; que ocasionan un porcentaje relativamente importante de similitud florística.

La especie *Eschweilera coriacea* presenta el valor más alto de IVI, dado por su dominancia en el área de estudio. Es también conocida como Charque y junto con la Granadilla (*Talauma boliviana*) especie endémica, forman una macroserie y constituyen la vegetación potencial climatófila del Chapare preandino (Navarro & Maldonado 2002). Otras especies características según estos autores son *Clarisia racemosa*, *Dipteryx odorata*, *Inga capitata*, *Iriartea deltoidea*, *Jacaranda copaia*, *Nectandra angusta* y *Sloanea fragrans*, varias de ellas registradas en este estudio. Esto muestra que, a pesar de haber tenido ciertas intervenciones y actividades de deforestación en los alrededores, este lugar aún conserva algo de la vegetación característica.

Por ejemplo, el género *Cybianthus*, según Killen *et al.* (1993) suele ser un indicador de bajos niveles de alteración. Lo que nos permite inferir que al

registrarse especies pertenecientes a este género en la zona de estudio, la misma se encuentra en un estado de recuperación favorable.

La heterogeneidad del lugar no se relaciona a la diferencia del relieve ya que no presentan variaciones muy marcadas. Más bien se debió a la ubicación de los puntos de muestreo fueron diferentes ya que variaban desde lugares rodeados por arroyos o cercanos a éstos; a pequeñas colinas, en tierra firme plana, cercanos a senderos o a caminos. Así también, se puede deber al estado en el que se encuentra el bosque, relacionado a grandes intervenciones a lo largo de los últimos años como talas no autorizadas para la instalación de antenas y por otra parte a la existencia de pequeños sectores donde años atrás existieron cultivos de piña. Por último, se menciona la existencia de un camino transitado por motorizados que conectan la carretera principal con el río Ivirgarzama.

### CONCLUSIONES

En el presente estudio se registró un total de 1143 individuos, divididos en 49 familias, 74 géneros y 106 especies. Las familias con mayor riqueza específica fueron Melastomataceae, Rubiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Annonaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Dilleniaceae y Euphorbiaceae. Las especies más importantes de acuerdo con el IVI son *Eschweilera coriacea*, *Sloanea fragrans*, *Handroanthus serratifolius* seguidas de *Cymbopetalum* cf. *longipes*, *Socratea exorrhiza*, *Virola sebifera*, *Miconia tomentosa*, *Albizia* sp., *Geonoma deversa* y *Clidemia* sp1.

La estructura horizontal y vertical muestra una distribución en J invertida, dada por un alto número de individuos con clases diamétricas menores y muy pocos individuos en las categorías altas. La estructura del bosque está dividida en estrato inferior, representado por *Miconia tomentosa*, *Cymbopetalum* cf. *longipes* y *Socratea exorrhiza*. El estrato medio, representado por *Cymbopetalum* cf. *longipes*, *Alsophila* sp. y *Clidemia* sp. Por último, el estrato superior o emergente donde *Eschweilera coriacea*, *Handroanthus serratifolius*, *Sloanea fragrans*, *Virola sebifera* son las especies representativas.

El índice de Shannon-Wiener muestra que los valores mas altos coinciden con bosques poco intervenidos y que los valores mas bajos se encontraron a lugares con algún signo de intervención. Por lo que se puede establecer que este índice está relacionado con el estado y las características presentes en las transectas muestreadas. Es así que debido al estado variable del bosque el índice de Sorensen confirma que éste es un bosque heterogéneo no influido por el relieve sino por su estado o condición.

De acuerdo al análisis realizado, se puede mencionar que la formación vegetal de la zona de estudio pertenece a un bosque en estado de recuperación, el que a su vez presenta un número representativo de especies nativas propios del ecosistema. Así, este trabajo de investigación contribuye al proyecto ecoturístico actualmente en implementación, el que sin duda fortalecerá el plan de conservación y manejo sostenible de los ecosistemas presentes.

### AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Saúl Altamirano y Lic. Magaly Mercado por su colaboración en el proceso de identificación, así como por sus aportes que enriquecieron este trabajo. A Eliana Flores, Andrea Rivasplata y Martha Uruchi, por su apoyo en la fase de trabajo de campo. Al Herbario Nacional Martín Cárdenas, por el apoyo brindado durante todo el trabajo de gabinete.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebey, A. & T. Krömer. 2001. Diversidad y distribución vertical de epífitas en los alrededores del campamento río Eslabón y de la laguna Chalachán, Parque Nacional Madidi, Dpto. La Paz, Bolivia. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica* 3: 104–123.
- Aguilar, B. 2002. Estructura y composición florística de las terrazas altas del valle de Sajta. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- Araujo-Murakami, A., D. Villarroel, G. Pardo, A. Vicent, A. Parada, L. Arroyo & T. Killen. 2015. Diversidad arbórea de los bosques de tierra firme de la Amazonia boliviana. *Kempffiana*. 11(1):1–28.
- Araujo-Murakami, A., F. Bascopé, V. Cardona-Peña, D. de la Quintana, A. Fuentes, P. Jørgensen, C. Maldonado, T. Miranda, N. Paniagua-Zambrana & R. Seidel. 2005a. Composición florística y estructura del bosque Amazónico preandino en el sector del Arroyo Negro, Parque Nacional Madidi, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 40(3): 281–303.
- Araujo-Murakami, A., V. Cardona-Peña, D. de la Quintana, A. Fuentes, P. Jørgensen, C. Maldonado, T. Miranda, N. Paniagua-Zambrana & R. Seidel. 2005b. Estructura y diversidad de plantas leñosas en un bosque amazónico preandino en el sector del Río Quendeque, Parque Nacional Madidi, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 40(3): 304–324.
- Araujo-Murakami, A.; A. Poma-Chura; A. Palabral; R. Salvatierra & F. Hurtado. 2012. Composición florística de los bosques amazónicos de tierra firme e

- inundable en las proximidades de las pampas del Sonene (río Heath), Parque Nacional Madidi, Bolivia. *Kempffiana* 8(1):3–21.
- Baslev, H., J. Luteyn, B. Ollgaard & L. B. Holm-Nielsen. 1987. Composition and structure of adjacent unflooded and floodplain forest in Amazonian Ecuador. *Opera Botanica*. 92: 37–57.
- Boom, B. M. 1987. Un inventario selvático en la Amazonía de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 10:1–14.
- Calzadilla, M. 2004. Estructura y composición de un bosque amazónico de pie de monte, Parque Nacional y ANMI Madidi, La Paz-Bolivia. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia.
- Castellón, J. 1999. Estructura, composición florística y ecología de la vegetación en la varze del río Ichilo. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- Centro de Información y Desarrollo Social. 2001. Consultado el 20/03/17 Disponible en: <http://www.boliviaentusmanos.com/turismo-bolivia/>.
- Choque, D. 2007. Composición florística y uso tradicional de especies en el bosque seco del PN Y ANMI Madidi, Apolo, Provincia. Franz Tamayo. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- De La Quintana, D. 2005. Diversidad florística y estructura de una parcela permanente en un bosque amazónico preandino del sector del Río Hondo, Área Natural de Manejo Integrado Madidi (La Paz, Bolivia). *Ecología en Bolivia* 40(3): 418–442.
- Foster, R. B. & A. H. Gentry. 1991. Plant diversity. En: Parker III, T. A. & B. Bailey (eds.). *A biological assessment of the Alto Madidi region and adjacent areas of northwest Bolivia*. 1990. RAP Working Paper 1. Conservation International, Washington, DC. Pp. 20–21.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann Missouri Botanical Garden* 75: 1–34.
- Ibisch, P. L. & G. Mérida (Eds). 2003. *Biodiversidad: la riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación*. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz. 637 p.
- Killen, T., E. García & S. Beck. 1993. *Guía de árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia & Missouri Botanical Garden. La Paz- Bolivia. 821 p.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura de los Trópicos*. República Federal de Alemania: Eschborn. Pp. 55–68.
- Londoño, A. C. & E. Álvarez. 1997. Composición florística de dos bosques (tierra firme y várzea) en la región de Aracacua, Amazonía colombiana. *Caldasia* 19(3): 431–463.

- Mostacedo, B., J. Balcazar & J. Montero. 2006. Tipos de bosque, diversidad y composición florística en la Amazonia sudeste de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 41(2): 99–116.
- Navarro, G. & M. Maldonado. 2002. Geografía y ecología de Bolivia. Vegetación y ambientes acuáticos. Editorial: Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz, Bolivia. 719 p.
- Navarro, G. 2011. Clasificación de la vegetación de Bolivia. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz-Bolivia.
- Navarro, G. 1997. Contribución a la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia. *Revista Ecología y Conservación Ambiental*. 2:3–37.
- Ordóñez, H. A. 2002. Evaluación de la diversidad florística y estructura de los bosques secundarios Altoandinos del municipio de Pasto, Ñarito. Trabajo de grado para obtener el título de Maestría en Bosques y Conservación Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Pp 66–77.
- Pitman, N. C. A., J. W. Terborgh, P. Núñez & M. R. Silman. 2001. Especies comunes de la parte baja de Madre de Dios, Perú. Pp. 46–52.
- Planteamiento Mundial De ORdenamiento Territorial (PMOT). 2010. Planes de forestación en la provincia Carrasco. Consultado el 10/12/16. Disponible en: <http://bol.postcodebase.com/es/node/2010> .
- Sanabria, J. 1995. Determinación de las fases de sucesión y estructura en los bosques secundarios del bosque del trópico Cochabambino. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simon, Cochabamba, Bolivia.
- Sandoval, M. 1998. Estructura y diversidad del bosque tropical en el parque nacional Carrasco, comunidad San Rafael. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- 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.
- Siles, J. 2007. Análisis de condición de bosque de la comunidad indígena TIM Ivirgarzama. Programa Internacional de Recursos e Instituciones Forestales (IFRI). Pp.1–3.
- Soux, D. 2011. Estructura y composición florística de árboles y arbustos en la localidad de Santa Isabel e Incachaca, Cochabamba, Bolivia. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simon, Cochabamba, Bolivia.
- Vargas, I. 1996. Estructura y composición florística de cuatro sitios en el Parque Nacional Amboró. Tesis de Grado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia.

**Anexo 1.** Lista de especies, con su hábito, encontradas de la localidad de Cuatro Arroyos

Familia	Especie	Hábito
ANNONACEAE	<i>Cymbopetalum cf. brasiliense</i> (Vell.) Benth.	Árbol- Arbusto
ANNONACEAE	<i>Cymbopetalum cf. longipes</i> Benth. ex Diels	Árbol- Arbusto
ANNONACEAE *	<i>Guatteria tomentosa</i> Rusby	Árbol
ANNONACEAE *	<i>Xylopia cf. benthamii</i> R.E. Fr.	Árbol- Arbusto
ARACEAE	<i>Anthurium</i> sp.	Hierba
ARECACEAE	<i>Geonoma deversa</i> (Poit.) Kunth	Palmera
ARECACEAE *	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Palmera
ARECACEAE	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Palmera
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Árbol
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O. Grose	Árbol
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Árbol
BURSERACEAE	<i>Protium</i> sp1.	Árbol- Arbusto
BURSERACEAE	<i>Protium unifoliolatum</i> Engl.	Árbol- Arbusto
CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Árbol
CELASTRACEAE	<i>Salacia elliptica</i> (Mart.) G. Don	Árbol- Arbusto
CELASTRACEAE	<i>Salacia</i> sp1.	Árbol
CHRYSOBALANACEAE	<i>Hirtella</i> sp1.	Árbol- Arbusto
CHRYSOBALANACEAE	<i>Hirtella pilosissima</i> Mart. & Zucc.	Árbol- Arbusto
CLUSIACEAE	<i>Symphonia globulifera</i> L.	Árbol
COMBRETACEAE	<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	Árbol
COSTACEAE*	<i>Costus beckii</i> Maas & H. Maas	Hierba
CYATHEACEAE	<i>Alsophila</i> sp.	Árbol- Arbusto
CYPERACEAE*	<i>Renealmia racemosa</i> Poepp. & Endl.	Hierba
DILLENIACEAE*	<i>Dolioscarpus cf. multiflorus</i> Standl.	Liana
DILLENIACEAE	<i>Dolioscarpus</i> sp.	Árbol- Arbusto
DILLENIACEAE*	<i>Davilla nitida</i> (Vahl) Kubitzki	Bejuco
ELAEOCARPACEAE	<i>Sloanea fragrans</i> Rusby	Árbol
ELAEOCARPACEAE	<i>Sloanea terniflora</i> (DC.) Standl.	Árbol
ERYTHROXYLACEAE*	<i>Erythroxylum coca</i> Lam.	Arbusto
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	Arbusto
EUPHORBIACEAE	<i>Aparisthium cordatum</i> (A. Juss.) Baill.	Arbolito
EUPHORBIACEAE	Indet.	Árbol- Arbusto
EUPHORBIACEAE	<i>Pausandra trianae</i> (Müll. Arg.) Baill.	Árbol
FABACEAE-Caesalpinoidea	<i>Bauhinia</i> sp.	Árbol- Arbusto
FABACEAE- Mimosoideae	<i>Albizia</i> sp.	Árbol
FABACEAE- Mimosoideae	<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Arbusto
FABACEAE- Mimosoideae	<i>Inga marginata</i> Willd.	Arbusto
FABACEAE- Mimosoideae	<i>Inga</i> sp1.	Árbol- Arbusto

Familia	Especie	Hábito
FABACEAE-Papilionidae	<i>Ormosia</i> sp.	Árbol
FABACEAE-Papilionidae	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Árbol
GESNERIACEAE	<i>Besleria sprucei</i> Britton ex Rusby	Arbusto
INDET 1	indet	Árbol- Arbusto
INDET 2	indet	Árbol
INDET 3	indet	Árbol- Arbusto
INDET 4	indet	Árbol
INDET 5	indet	Árbol- Arbusto
INDET 6	indet	Árbol
LAURACEAE	<i>Nectandra</i> aff. <i>crassiloba</i> Rohwer	Árbol
LAURACEAE	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart.	Árbol
LAURACEAE	<i>Nectandra</i> sp1.	Árbol- Arbusto
LAURACEAE	<i>Ocotea</i> aff. <i>guianensis</i> Aubl.	Árbol
LAURACEAE	<i>Ocotea</i> sp1.	Árbol- Arbusto
LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	Árbol
MALVACEAE	<i>Matisia</i> cf. <i>putumayensis</i> (Cuatrec.) Cuatrec.	Árbol
MARANTACEAE*	<i>Monotagma</i> cf. <i>plurispicata</i> K. Schum.	Hierba
MELASTOMATACEAE*	<i>Clidemia</i> sp.	Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Graffenrieda cucullata</i> (Triana) L.O.	Árbol- Arbusto
MELASTOMATACEAE	Indet	Árbol- Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia abbreviata</i> Markgr.	Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia bubalina</i> (D. Don) Naudin	Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> cf. <i>ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> cf. <i>punctata</i> (Desr.) D. Don ex DC.	Árbol -Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia chrysophylla</i> (Rich.) Urb.	Árbol -Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> sp1.	Árbol- Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> sp2.	Árbol- Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> sp3	Árbol- Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia</i> sp4.	Árbol- Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia tomentosa</i> (Rich.) D. Don ex DC.	Árbol- Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Mouriri myrtilloides</i> (Sw.) Poir.	Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Ossaea boliviensis</i> (Cogn.) Gleason	Arbusto
MENISPERMACEAE*	<i>Abuta pahnii</i> (Mart.) Krukoff & Barneby	Bejuco
MONIMIACEAE	<i>Mollinedia killipii</i> J.F. Macbr.	Árbol- Arbusto
MORACEAE	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Árbol
MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Árbol
MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Árbol- Arbusto
MYRTACEAE	<i>Calypttranthes densiflora</i> Poepp. ex O.	Árbol- Arbusto
MYRTACEAE	<i>Myrcia amazonica</i> DC.	Arbusto

Familia	Especie	Hábito
NYCTAGINACEAE	<i>Neea</i> cf. <i>ovalifolia</i> Spruce ex J.A. Schmidt	Árbol
PHYLLANTHACEAE	<i>Hyeronima</i> sp.	Árbol- Arbusto
PIPERACEAE	<i>Piper</i> sp1.	Arbusto
PIPERACEAE*	<i>Piper</i> sp2.	Arbusto
POACEAE*	<i>Olyra</i> cf. <i>latifolia</i> L.	Hierba
PRIMULACEAE	<i>Cybianthus</i> sp.	Árbol- Arbusto
RUBIACEAE	<i>Amaioua</i> sp.	Árbol- Arbusto
RUBIACEAE	<i>Palicourea grandiflora</i> (Kunth) Standl.	Árbol- Arbusto
RUBIACEAE	<i>Palicourea</i> sp1.	Arbusto
RUBIACEAE	<i>Psychotria buchtienii</i> (H.J.P. Winkl.) Standl.	Arbusto
RUBIACEAE	<i>Psychotria poeppigiana</i> Müll. Arg.	Arbusto
RUBIACEAE	<i>Psychotria</i> sp1.	Arbusto
RUBIACEAE	<i>Psychotria</i> sp2.	Arbusto
RUBIACEAE	<i>Rudgea cornifolia</i> (Kunth) Standl.	Árbol- Arbusto
RUBIACEAE*	<i>Uncaria guianensis</i> (Aubl.) J.F. Gmel.	Bejuco
RUTACEAE*	<i>Dictyoloma vandellianum</i> A. Juss.	Árbol
RUTACEAE	<i>Galipea jasminiflora</i> (A. St.-Hil.) Engl.	Árbol- Arbusto
SALICACEAE	<i>Casearia pitumba</i> Sleumer	Árbol- Arbusto
SALICACEAE	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Árbol- Arbusto
SAPINDACEAE	<i>Paullinia</i> sp1.	Árbol- Arbusto
SAPINDACEAE	<i>Paullinia</i> sp2.	Árbol- Arbusto
SAPOTACEAE	<i>Micropholis guyanensis</i> (A. DC.) Pierre	Árbol
SIPARUNACEAE	<i>Siparuna</i> cf. <i>sessiliflora</i> (Kunth) A. DC.	Árbol- Arbusto
SIPARUNACEAE	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Árbol- Arbusto
STYRACACEAE	<i>Styrax</i> sp.	Árbol- Arbusto
URTICACEAE	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Árbol
URTICACEAE	<i>Pourouma minor</i> Benoist	Árbol
VIOLACEAE	<i>Rinorea</i> sp1.	Árbol- Arbusto
VIOLACEAE	<i>Rinorea viridifolia</i> Rusby	Árbol- Arbusto