



## 4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

### 4.1 ECOSISTEMAS TERRESTRES

#### 4.1.1 Flora

##### 4.1.1.1 Descripción de coberturas vegetales

El comportamiento general del clima del área del proyecto está determinado, al igual que en la mayor parte de la región andina colombiana, por el desplazamiento periódico del Frente Intertropical de Convergencia (FIC), que interactúa a su paso con los factores orográficos y las circulaciones locales, características de las áreas montañosas (vientos de valle y de montaña), alterando especialmente la lluviosidad.

Esta región ofrece algunas condiciones particulares por tratarse de un valle interandino estrecho, flanqueado por las cordilleras Centrales y Occidentales, afectadas por los flujos del Oeste que arrastran grandes cantidades de humedad desde el Pacífico ecuatorial y las descargan en las partes altas de la cordillera Occidental. Los vientos descienden luego, ya secos, por el costado Este de la cordillera formando una sombra seca, similar a la que presentan algunos valles transversales y altiplanos andinos. Una proporción quizá menos importante de los vientos húmedos alcanza a remontarse hasta las cimas de la ladera Oeste de la Cordillera Central donde se condensa y precipita confiriéndole una mayor humedad a las partes más altas de la vertiente (por encima de los 1.000 m).

Climáticamente, el valle medio del Río Cauca está clasificado dentro de la *Zona de vida del Bosque Seco Tropical* (bs-T) siendo considerado una de las zonas excepcionalmente secas de la región andina, con una *precipitación* menor de los 1.500 mm/año. Las isoyetas se distribuyen de manera variable a lo largo del Valle caracterizando el sector Sur por una mayor precipitación con tendencia bimodal, el sector central del Valle tiene siempre una pluviosidad baja (menor de 200 mm/mes) con mínimos extremos en los meses de diciembre a marzo (menos de 50 mm), en tanto que la zona Norte, donde el Valle vuelve a ser estrecho, presenta alta precipitación y un cambio de la zona de vida a Bosque húmedo tropical.

Esta variabilidad geográfica de la pluviosidad podría explicarse por la condensación del aire húmedo que asciende en sentido N-S, a lo largo del cañón del río (lluvias orográficas), la cual induce precipitaciones de hasta 1.827 mm/año, en inmediaciones de Bolombolo y en cotas altas, mientras que en alrededores Santa Fe de Antioquia apenas se alcanzan los 967 mm/año lo cual se refleja en un cambio marcado de la vegetación.

La *humedad relativa mensual* tiene un comportamiento similar a la pluviosidad con los valores más altos en los meses lluviosos y los menores en los meses secos.

La *temperatura media mensual* es muy uniforme, aunque se presentan fuertes variaciones en las temperaturas diarias (hasta de 20° C en la Estación Cotové, inmediaciones de Santa Fé de Antioquia). Al parecer la temperatura media mensual se relaciona principalmente con la altitud del sitio observándose sus mayores variaciones en las estaciones situadas a baja altitud.

El *brillo solar* disminuye hacia las partes más altas, pero el total anual conserva una proporción de entre el 45 y el 50% del total astronómico posible (4.390 horas) en el Bs-T, siendo menor en los meses más lluviosos debido al aumento de la nubosidad.

En el Bs-T, la *evapotranspiración potencial anual* (ETP) es mayor o igual que la pluviosidad (por debajo de la cota 1.000) generando déficit hídrico durante, al menos, siete meses del año.

En el área de estudio del proyecto se presentan entonces dos zonas de vida, Bosque Húmedo Tropical (Bh-T) y Bosque Seco Tropical (Bs-T), donde se identificaron coberturas vegetales que conforman un mosaico de sucesiones como respuesta a perturbaciones de distinto origen, duración y recurrencia, y a los cambios en los usos del suelo, como se puede observar en la Fotografía 1 (véase Plano F-PHI-EAM-RE-AA-ZVH). Entre las actividades que han influido en esta conformación se encuentran la tala de bosque para aprovechamiento de la madera o para conversión a potreros (ganaderización), leñateo, pastoreo, cultivos ilícitos, incendios en épocas de verano, provocados o espontáneos.

Sin embargo, es difícil ubicar tales intervenciones en un momento determinado del tiempo por cuanto éstas han sido selectivas y diferenciales en cuanto a extensión e intensidad, lo cual ha generado una respuesta multivariada y continua de la sucesión, que exhibe distribuciones y combinaciones de individuos de todos los tamaños en los distintos estratos de la cobertura.



Fotografía 1: Mosaico de sucesiones vegetales en el área de estudio

- Pastos (Pa)

Este tipo de coberturas en la región corresponde principalmente a potreros para ganadería, establecidos a partir de quemadas periódicas, o “tumbas”<sup>1</sup> de los rastrojos y

---

<sup>1</sup> Denominación local para la actividad de talar la vegetación

bosques, que se caracterizan por una vegetación presente incipiente y procesos tardíos de regeneración natural.

Las quemas favorecen el desarrollo de pastos que posteriormente son reemplazados por otras especies de hábito herbáceo, como ciperáceas, malváceas, leguminosas, asteráceas y teridofitas; se localizan en toda clase de pendientes, con la diferencia de que el proceso de sucesión vegetal es más lento en las de mayor pendiente. Las gramíneas que predominan en los pastizales del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) pertenecen a los géneros *Andropogon*, *Melinis* y *Panicum*, en tanto que en el bosque seco tropical (bs-T) son frecuentes *Llonium* y *Paspalum*.



Fotografía 2: Áreas de Pastizales en la región seca

Es común observar, en medio de los potreros, pequeñas “islas” de vegetación arbórea llamadas “sestaderos del ganado”<sup>2</sup>, que contrastan con la matriz de pastos. También se encuentran individuos arbóreos dispersos, de gran porte, como *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia* y *Acrocomia aculeata*, que han resistido las perturbaciones antes mencionadas (véanse las Fotografías 2 y 3) o que han sido protegidos por los ganaderos para que proporcionen sombra al hato.

- Rastrojos bajos (Rb)

Se identifican como “Rastrojos bajos” las sucesiones vegetales tempranas iniciadas por especies colonizadoras, generalmente de hábito arbustivo, que van reemplazando las herbáceas. Este proceso es más rápido en las áreas húmedas que en aquellas zonas secas, especialmente donde se ha dado la ganadería (véase la Fotografía No. 4). En el bh-T son frecuentes las rubiáceas, bignoniáceas, flacurtiáceas y melastomatáceas; mientras en el bs-T predominan las euforbiáceas, rubiáceas y leguminosas.

---

<sup>2</sup> Sestiadero hace referencia a los sitios con sombrío donde el ganado descansa (hace siesta)

Al igual que en los pastizales, los rastrojos bajos presentan las mismas especies de árboles de gran tamaño, además de poblaciones jóvenes de otros árboles y arbustos de rápido crecimiento. En la zona húmeda son frecuentes árboles de *Trema micranyha* (surrumbo), *Guazuma ulmifolia* (guásimo) y *Jacaranda hesperia* (gualanday); en cuanto a los arbustos se encuentran *Lippia* sp. (sacaojos), *Myrsine* sp. (espadero) y *Psychotrya orosiana* (mortiño).



Fotografía 3: Población de *Acrocomia aculeata* (palma corozo) no perturbada en el proceso de potrerización.

Para la zona seca se encuentran bien establecidas poblaciones de árboles como *Guazuma ulmifolia* y arbustos de *Phyllanthus botriathus* (huesito Colorado), *Calyptanthes cf. multiflora* (hoja menuda). En las riberas del río Cauca, se encuentran áreas de rastrojo bajo que se han desarrollado en sitios de antiguas explotaciones auríferas, donde predominan *Senna* sp. (frijolito), *Cnidosculus urens* (pringamosa) (véase la Fotografía 5) y *Manihot cartagenensis* (yuca silvestre).



Foto No. 5: Regeneración de *Cnidosculus urens* (pringamosa) en rastrojo bajo.

- Rastrojos altos (Ra)

En la región se da una sucesión vegetal más avanzada reconocida como “Rastrojo alto”, que se caracteriza porque contiene mayor proporción y variedad de especies de árboles, acumula mayor cantidad de biomasa que el rastrojo bajo, con poblaciones de rápido crecimiento y comienza a presentar una estratificación vertical (véase la Fotografía 6).

Los rastrojos altos en la zona de Bosque Húmedo Tropical se localizan principalmente en franjas protectoras de los drenajes directos al Río Cauca (conocidos como zanjones), cuyas familias más importantes son las leguminosas, las rubiáceas y las moráceas. En el Bosque Seco Tropical se localizan en las laderas de montañas, donde abundan las leguminosas.



Foto No. 6: Aspecto del rastrojo alto a orillas del río Cauca, en la zona húmeda

Es frecuente encontrar actividad ganadera al interior de los rastrojos, donde el estrato arbustivo y herbáceo es abierto y poco diverso (véase la Fotografía 7); estas coberturas varían abruptamente y pueden confundirse fácilmente con los bosques secundarios de la región.

- Bosques secundarios

Los bosques de la región forman generalmente estrechas franjas de vegetación, localizadas a lo largo de drenajes, sobre pendientes fuertes y en muchos casos creciendo sobre superficies de rocas (véase la Fotografía 8), razón por la cual han perdurado en el tiempo, pues la oferta de suelo para actividades agropecuarias es escasa.

Los bosques de la zona del bh-T son más densos y conservan elementos de la flora original, que actualmente están sometidos a la explotación de madera, como algunas especies frecuentes de rubiáceas y leguminosas (véase la Fotografía 9). En contraste, en la zona de bs-T los bosques secundarios son más escasos, y muy afines en su

composición y estructura con los rastrojos altos de esta misma zona, caracterizados por especies de familias como leguminosas y moráceas.



Fotografía 7: Interior del rastrojo alto en la región seca, con actividad de ganadería.

#### **4.1.1.2 Coberturas vegetales en el corredor de la línea de transmisión**

El trazado de la línea de transmisión cruza un completo gradiente de pisos térmicos y altitudinales, que inicia en Yarumal al interior de un paisaje colinado en una zona de vida de bosque húmedo Montano bajo. Posteriormente, en sentido Sor-Occidente, en dirección hacia el proyecto, se llega a la zona de vertientes muy prolongadas, de fuertes pendientes, que incluye terrenos pertenecientes a varias zonas de vida, desde bosque muy húmedo Montano bajo hasta bosque húmedo Premontano, finalizando en un valle estrecho, donde se localizan las obras principales del proyecto, en inmediaciones del Cañón del Río Cauca, en la zona de vida de bosque húmedo Tropical (véase Plano F-PHI-EAM-LB-LT-ZVH).

A continuación se describen las coberturas que se encuentran actualmente sobre el corredor de la línea de transmisión para construcción (véanse Planos F-PHI-EAM-LB-LT-A-COB, F-PHI-EAM-LB-LT-B-COB), y a través de las cuales se debe mantener una servidumbre durante los nueve años que dura la construcción del proyecto,:

- **Bosques de Roble**

En los diseños iniciales de la línea se afectaban algunas manchas bastante homogéneas de estos bosques que actualmente se encuentran restringidos a zonas muy localizadas, tales como cejas de monte, generalmente sobre colinas, en un clima húmedo Montano Bajo y a lo largo de drenajes rodeados de una gran matriz de pastos manejados. Finalmente, y por consideraciones de carácter ambiental, se introdujeron modificaciones



en el trazado para evitar el paso de la línea por estos Robledales, situados en jurisdicción de Yarumal.

- Bosque secundario

Bajo esta denominación se cobijaron los bosques que conservan mejores atributos naturales ubicados en las zonas de vertientes hasta llegar al valle del Río San Andrés. Estos bosques se encuentran en un estado avanzado de la sucesión, desde el punto de vista de la composición de especies, y exhiben árboles dominantes, bien desarrollados.

Estructuralmente la distribución de los fustes conserva una J invertida, en tanto que la composición de especies varía de acuerdo con los cambios en los gradientes climáticos y edáficos.

- Rastrojo alto

La Vegetación se distribuye en pequeños manchones, en un estado de sucesión alto. Se los encuentra en el Altiplano de Santa Rosa, cuya zona de vida corresponde al bosque húmedo Montano bajo, sobre el sistema colinado, bordeando los drenajes.

En la composición de esta cobertura es frecuente encontrar individuos de roble mezclados con árboles de otras especies, aunque hacia la vertiente de la cordillera es posible observar una mayor homogeneidad debido a la dominancia de individuos de otras especies de rápido crecimiento.

- Rastrojo bajo

Generalmente, corresponden a coberturas en un estado de sucesión temprana, con alto predominio de hábitos arbustivos que reemplazan las hierbas de los antiguos pastizales. Al parecer, este proceso se desarrolla más fácil y rápidamente en las áreas húmedas libres de ganadería.

- Pastos manejados

Es la principal cobertura del suelo en el altiplano de Santa Rosa, y corresponde al uso más representativo de la región que es la ganadería de leche. Como su nombre lo indica es una cobertura exclusivamente compuesta de pastos, aunque es muy común encontrar algunos cultivos y fragmentos de bosque, asociados a las grandes extensiones de pastos, en inmediaciones o a lo largo de las fuentes de agua.

- Pastos naturales o no manejados

En esta cobertura se presenta una ganadería extensiva de laderas, con suelos sometidos a quemadas periódicas como práctica de manejo generalizada. Después de los pastos manejados, es la segunda cobertura en extensión sobre el corredor de la línea.

- Cultivos

Localizados también en las colinas de Yarumal, se encuentran pequeños cultivos de papa y tomate de árbol, principalmente, mientras que en proximidades al casco urbano de San Andrés, se cultiva a media ladera maíz, frijol y caña.



- Cultivo de café

Corresponde a cultivos tradicionales de café, asociados con plátano y frutales (especialmente cítricos), que es la actividad económica predominante en algunos sectores. Se los encuentra a media ladera en la zona de vida de bosque húmedo Premontano.

- Plantaciones forestales

Se encuentran rodales homogéneos de coníferas como pino, ciprés y otras especies como el eucalipto, todas estas plantaciones con fines comerciales para la industria de la madera. En la zona colinada se los utiliza como cercas vivas en los linderos o rodeando las parcelaciones.

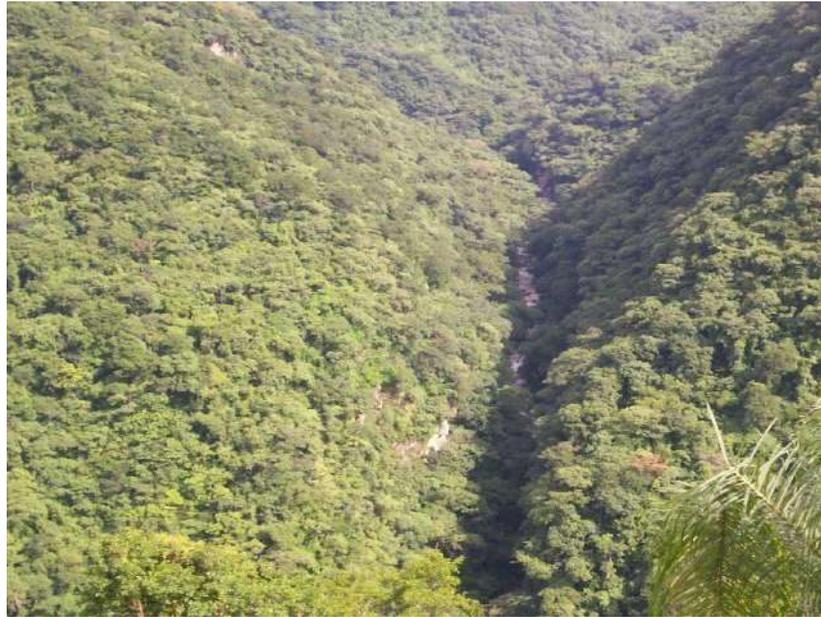
#### **4.1.1.3 Establecimiento de parcelas**

La caracterización florística del área se realizó a partir de transectos ubicados en la zona de influencia del proyecto (tanto directa – ZID, como indirecta- ZII) en un rango altitudinal, entre 260 y 870 m, cuya localización se puede observar en los planos F-PHI-EAM-LB-AA-A-COB, F-PHI-EAM-LB-AA-B-COB, F-PHI-EAM-LB-AA-C-COB, F-PHI-EAM-LB-AA-D-COB, F-PHI-EAM-LB-AA-E-COB. A lo largo de cada transecto se establecieron parcelas rectangulares continuas, de 200 m<sup>2</sup> (10 m x 20 m); el número de parcelas por transecto fue variable obedeciendo al tamaño del fragmento muestreado. Los transectos se marcaron y georreferenciaron en campo, indicando el punto de inicio con el número del transecto y la parcela. Cada 20 m se marcó el inicio y los vértices de las parcelas con pintura amarilla asfáltica y cinta reflectiva.

En el área total de cada parcela para las coberturas de bosque secundario y rastrojo alto, se midieron los individuos con diámetro a la altura de pecho –DAP- mayor o igual a 10 cm (DAP ≥ 10 cm), y en una de cada cinco parcelas se midieron los individuos con diámetro mayor o igual a 2,5 cm (DAP ≥ 2,5 cm). Se tomaron registros de regeneración marcando el número de individuos presentes de cada especie en parcelas de 4 m<sup>2</sup> (2 m x 2 m) establecidas al final de una de cada 10 parcelas de 200 m<sup>2</sup>. Para la cobertura de rastrojo bajo se establecieron parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 m x 5 m), en las cuales se midieron todos los individuos con alturas superiores a 1 m. (véanse las Fotografías 10 y 11).

En cada parcela se marcaron con pintura asfáltica los individuos con diámetro a la altura del pecho - DAP ≥ 10 cm, y a cada uno se le asignó un número consecutivo dirigido hacia el eje principal de la parcela. Con cinta métrica se midieron las variables de CAP (Circunferencia a la altura del pecho) y diámetro de copa; las alturas total y comercial se midieron al 14 % del total de individuos inventariados, con clinómetro Suunto.

Para el proceso de identificación de especies se realizó un reconocimiento preliminar en campo y se colectaron muestras botánicas con tijeras podadoras y corta ramas. Además de los individuos inventariados, se colectó material vegetal de morfoespecies no registradas dentro del área de las parcelas. Los nombres y usos locales de las diferentes especies se consultaron con los habitantes de la zona.



Fotografía 8: Bosque secundario, en el Río Ituango, en zona con pendientes fuertes



Fotografía 9: Claros en el Bosque secundario húmedo, efecto de la explotación de madera.



Fotografía 10: Establecimiento de parcelas.



Fotografía 11: Establecimiento de parcelas.

El material se procesó de acuerdo con las técnicas de herborización, prensado, alcoholizado y secado, para su posterior identificación en el herbario del Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe de Medellín (JAUM). Se consultaron las colecciones de referencia, literatura, claves botánicas y consultas con especialistas. (véase la Fotografía 12).



Fotografía 12: Herborización de material vegetal

#### 4.1.1.4 Estructura y composición de las coberturas vegetales

- Análisis estructural

A partir de los datos obtenidos en las parcelas establecidas en los diferentes tipos de coberturas, se analizó la estructura poblacional con respecto al diámetro a la altura del pecho, área basal y altura total.

Para la estructura diamétrica se agruparon los datos en intervalos de clase así: para las coberturas de bosque secundario y rastrojo alto, se estableció un rango de intervalo de 10 cm y para rastrojo bajo de 2,5 cm. Para el análisis de la estructura del área basal se probaron diferentes arreglos de los datos en varios intervalos de clase de forma que se lograra una mejor apreciación del comportamiento de la variable.

Para la estructura de alturas, que se analizó con el objeto de determinar posible estratificación del bosque, se establecieron intervalos de 2 m de amplitud.

El área basal ( $g$ ) se calculó a partir de los diámetros individuales ( $d_i$ ) mediante la expresión:

$$g_i = \pi d_i^2 / 40000 ,$$

Donde:  $g$  está dada en  $m^2$  y  
 $d$  corresponde al DAP medido en campo en cm.

- Relaciones dendrométricas

Se evaluaron diferentes modelos para correlacionar las variables altura total ( $h$ ) con diámetro a la altura de pecho -DAP. Los parámetros utilizados para seleccionarlo fueron: coeficiente de determinación  $R^2$ , suma de cuadrados del error (SSE), gráfico de residuales, tendencia de la curva y posibilidad de explicación biológica.



- Índice de valor de importancia

Por medio del índice de valor de importancia (**IVI**), se estimó la importancia ecológica de las especies vegetales presentes en las comunidades de bosque secundario, rastrojo alto y rastrojo bajo en cada una de las dos zonas de vida existentes en el área de estudio del proyecto hidroeléctrico, considerando variables de abundancia, frecuencia y dominancia.

Este índice es probablemente el más conocido, y permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro de la cobertura correspondiente. La expresión matemática es:

$$IVI = Ar + Fr + Dr, \text{ donde}$$

**IVI** = Índice de valor de importancia

**Ar** = Abundancia relativa, entendida como el porcentaje de cada especie con relación al número total de individuos de todas las especies encontradas en la muestra, calculada así:

$$Ar_i = (Aabs / \sum AabsTotal) * 100\%$$

**Fr** = Frecuencia relativa, calculada como la frecuencia absoluta de una especie con relación a la suma de frecuencias absolutas de todas las especies presentes en la muestra.

$$Fr_i = (Fabs / \sum FabsTotal) * 100\%$$

**Dr** = Dominancia relativa. Se calcula sumando el área basal de los individuos de una especie en una muestra (que es la Dominancia absoluta de la especie), dividiendo luego por la sumatoria de todas áreas basales (dominancia absoluta total) y expresando finalmente como porcentaje:

$$Dr_i = (Dabs / \sum DabsTotal) * 100\%$$

El valor máximo del **IVI** de una especie es de 300. Para un bosque donde las especies presentan valores bajos de **IVI**, la comunidad se considera heterogénea.

- Medidas de diversidad

La medida de diversidad en las coberturas de bosque secundario, rastrojo alto y rastrojo bajo, se analizó para ambas zonas de vida con base en la información obtenida para las especies leñosas identificadas en las parcelas y cuyo DAP fue mayor o igual a 10 cm. Se calcularon índices de riqueza de especies, y de dominancia y equidad (Magurran, 1989; Vélez *et. al.* 1992). Además, se estimaron índices de similitud con el objeto de comparar la diversidad entre las dos zonas de vida.

Como medida de riqueza y abundancia de especies se emplearon los índices de Margalef ( **$D_{Mg}$** ) y el índice de Shannon ( **$H'$** ). El índice de Margalef emplea una combinación de número de especies registradas y el número total de individuos que representan todas las especies (Magurran, 1988).

$$D_{Mg} = (S - 1) / \ln N, \text{ donde}$$

- **$D_{Mg}$**  = índice de Margalef
- **S** = número total de especies,

- **N** = número total de individuos de la muestra.

El índice de Shannon (**H'**) mide la heterogeneidad de la comunidad, y se calcula a través de la expresión:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i, \text{ donde}$$

- **H'** = índice de Shannon,
- **p<sub>i</sub>** = proporción de individuos encontrada en la i-ésima especie,
- **S** = número de especies

En una muestra se desconoce el verdadero valor de **p<sub>i</sub>**, pero se estima como:

$$p_i = n_i / N, \text{ donde}$$

- **n<sub>i</sub>** el número de individuos de la i-ésima especie y
- **N** el número total de individuos en la muestra.

El grupo de índices de diversidad conocidos como medidas de dominancia, dan mayor énfasis a las especies más comunes. Se estimaron el índice de Simpson (**D**) y el de Berger-Parker (**d**).

El índice de Simpson se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie. Para comunidades finitas el índice se calcula mediante la expresión:

$$D = \sum \frac{(n_i(n_i - 1))}{(N(N - 1))}, \text{ donde}$$

- **n<sub>i</sub>** = número de individuos de la i-ésima especie y
- **N** = total de individuos.

A medida que D incrementa, la diversidad decrece. Por ello el índice se expresa usualmente como 1/D ó 1-D, lo que asegura que el valor del índice se incremente con el aumento de la diversidad.

El índice de Berger-Parker (**d**) expresa la importancia proporcional de las especies más abundantes, y se calcula como

$$d = N_{max} / N, \text{ donde}$$

- **N<sub>max</sub>** = número de individuos de la especie más abundante,
- **N** = Número total de individuos de la muestra.

Al igual que el índice de Simpson, normalmente se adopta el recíproco del índice de Berger-Parker, de modo que un incremento en el valor del índice, acompaña un incremento de la diversidad y una reducción de la dominancia.

- Medidas de similitud

Se estimaron los índices de Jaccard ( $C_j$ ) y de Sørensen ( $C_s$ ) para determinar similitud entre las comunidades de bosque húmedo y bosque seco tropical, los cuales se calculan mediante las expresiones:

$$\text{Jaccard } C_j = j / (a + b - j)$$

$$\text{Sørensen } C_s = 2j / (a + b), \text{ donde}$$

- **j**: Es el número de especies halladas en ambas localidades.
- **a**: El número de especies de la localidad A
- **b**: El número de especies de la localidad B.

Estos índices tienen valor igual a 1 en caso de similitud completa e igual a 0 si las localidades son disímiles y no tienen especies en común.

#### • Resultados

En total se establecieron 89 transectos y 332 parcelas en la zona de bosque húmedo tropical, y 146 transectos con 350 parcelas en la zona de bosque seco tropical. En la Tabla 4.1 se presenta el número de transectos y parcelas para cada cobertura en su respectiva zona de vida, y el área total muestreada en cada una. La ubicación de cada transecto y sus respectivas parcelas aparece en el Anexo 4.1.

**Tabla 4.1 Número de transectos y parcelas establecidas**

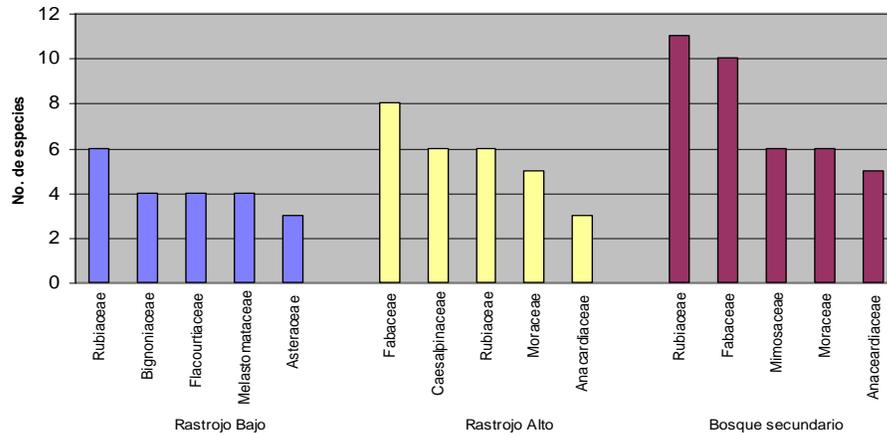
Zona de vida	Bh-T			Bs-T			
	Cobertura	Bsec	Ra	Rb	Bsec	Ra	Rb
Número de transectos		51	21	17	55	65	26
Número de parcelas		103	47	36	134	172	44
Área muestreada (ha)		2,06	0,94	0,09	2,68	3,44	0,11

#### 4.1.1.5 Composición de la vegetación

En total se registraron 164 especies pertenecientes a 82 familias en la zona de bosque húmedo tropical, siendo las familias más representativas Rubiaceae, Caesalpinaceae, Fabaceae, Moraceae y Euphorbiaceae.

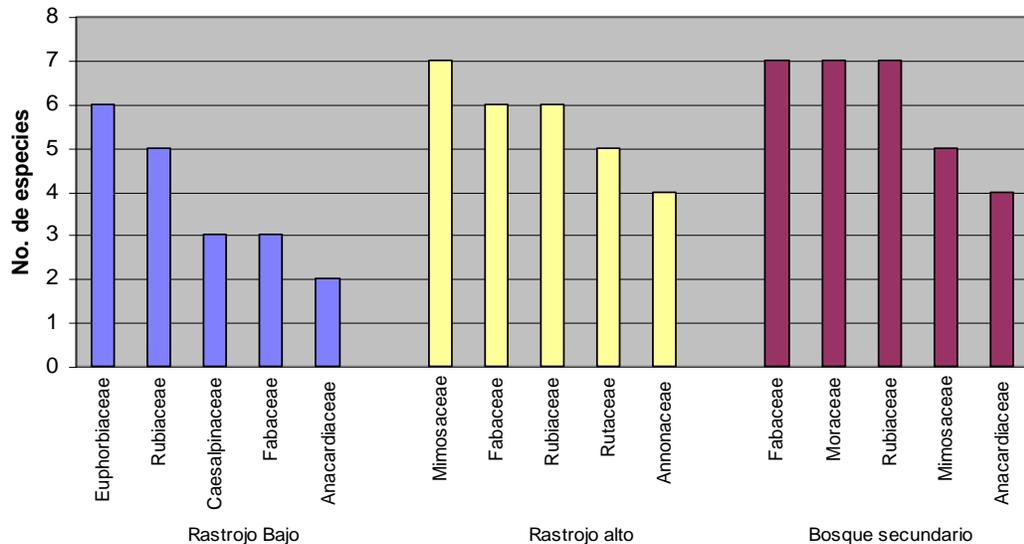
La familia Rubiaceae es la más representativa en las coberturas de rastrojo bajo y bosque secundario, con el mayor número de especies (8 y 11 respectivamente), como se puede observar en la Figura 4.1. En su mayoría son especies arbustivas, con sólo tres especies de hábito arbóreo: *Pososqueria latifolia* (bola de mico) encontrada en el rastrojo alto y bosque secundario, y *Faramea occidentalis* y *Genipa americana* (jagua) encontradas solo en el bosque secundario. Entre las especies de rastrojo alto y bosque secundario, existen algunas comerciables como el balahuste (*Centrolobium parahense*) y el algarrobo (*Hymenaea courbaril*) y otras de uso local como el aceituno (*Platymiscium cf. polystachium*) y el guayacán (*Platymiscium pinnatum*). En el rastrojo bajo la más abundante es la *Psychotria orosiana* (mortiño).

**Figura 4.1. Familias más representativas en el bosque húmedo tropical.**



En el bosque seco tropical se registraron 136 especies de 73 familias. En rastrojo bajo las familias más representativas fueron las Euphorbiaceae, como se puede apreciar en la Figura 4.2, sobresaliendo la especie arbustiva *Phyllanthus botrianthus* (huesito colorado) por su alta frecuencia y abundancia; y la familia Rubiaceae, cuya especie predominante es *Psychotria microdon*.

**Figura 4.2. Familias más representativas en el bosque seco tropical.**



En las coberturas de rastrojo alto y bosque secundario las familias más representativas fueron las Fabaceae, Rubiaceae, Moraceae y Mimosaceae, con especies comerciales como *Enterolobium cyclocarpum* (Piñón de oreja), *Samanea saman* (Cedro playero), *Brosimum alicastrum* (Higuerón) y *Maclura tinctoria* (Avinge).

En general, en las tres coberturas se observó menor número de especies y familias que en el bosque húmedo tropical, como se puede deducir de la Tabla 4.2, siendo más notoria la diferencia en el bosque secundario.

**Tabla 4.2. Número de familias, géneros y especies encontradas en las coberturas muestreadas.**

Zona vida	Cobertura	Estrato	Número de Familias	Número de Géneros	Número de Especies
Bh-T	Rastrojo bajo	global	40	58	68
	Rastrojo alto	sotobosque	29	42	48
		dosel	32	52	62
Bs-T	Bosque Secundario	sotobosque	42	70	81
		dosel	41	87	104
	Rastrojo bajo	sotobosque y dosel	34	41	44
Bs-T	Rastrojo alto	sotobosque	24	34	41
		dosel	34	60	72
	Bosque Secundario	sotobosque	24	39	41
		dosel	34	60	72

La lista general de las especies identificadas en ambas zonas de vida (bosque húmedo y bosque seco tropical) se presenta en la Tabla 4.3. La determinación taxonómica de las especies puede estar sujeta a cambios, debido a muestras colectadas en estado vegetativo (sin flor y/o fruto) que dificultaron el proceso de identificación de algunas colecciones.

#### 4.1.1.6 Especies amenazadas y protegidas por la legislación Colombiana

Según las categorías de las Listas rojas de especies (UICN, 2001), preparada para Colombia de forma preliminar por el Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt- IAvH (2002). Cuando un taxón cumple ciertos criterios de calificación del estado de conservación de las poblaciones de la especie (tamaño, tasa de reducción), y de los hábitats preferidos por la especie (extensión, distribución, fragmentación), puede incluirse dentro de alguna de las tres categorías de amenaza establecidas: en peligro crítico (CR), en peligro (EN) y vulnerable (VU).

De las especies identificadas en la zona de influencia directa del proyecto, dos de ellas se encuentran incluidas en la lista roja: la palma barbasco (*Cryosophylla kalbreyeri*), catalogada como “en peligro (EN)” (Calderón *et al.*, 2005), que se observó en la zona Bh-T, a lo largo de los zanjones que drenan directamente al Río Cauca, entre los 220 m a 400 m de altitud. La otra especie es el Caracolí (*Anacardium excelsum*), catalogada como Vulnerable (VU) (IAvH, 2002), que está representada principalmente por árboles adultos, la cual se encuentra en los bosques de ambas zonas de vida.

Aunque sin clasificar en alguna categoría de amenaza, vale la pena señalar algunas especies de árboles localizadas principalmente en la zona de San Juan de Rodas, en Ituango, que están siendo explotadas a unas tasas que pueden generar deterioro sensible de sus poblaciones. Entre ellas se pueden mencionar *Pachira quinata* (Ceiba tolua o ceiba negra), *Centrolobium paraense* (Taqui), *Cedrela odorata* (Cedro), *Anacardium excelsum* (Caracolí) y *Samanea saman* (Cedro playero).

**Tabla 4.3. Especies florísticas identificadas en el área de estudio**

Familia	Especie	Nombre local	Zona de vida	Hábito <sup>(a)</sup>
Acanthaceae	<i>Aphelandra cf. pharangophylla</i>	Alma negra	Bh-T	T
	<i>Justicia sp.</i>		Bs-T	Hr
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Diomato, yomato	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Anacardium excelsum</i>	Caracolí	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Mangifera indica</i>	Mango	Bh-T	A
	<i>Spondias cf. bombin</i>	Hobo liso	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Spondias sp.</i>	Hobo rugoso	Bh-T, Bs-T	A
Annonaceae	<i>Annona purpurea</i>	Guanábano de monte	Bh-T	A
	<i>Annona sp.</i>		Bs-T	A
	<i>Annona squamosa</i>	Anón de monte	Bs-T	T
	Indet.	Mamón	Bs-T	A
	<i>Oxandra longipetala</i>	Yayo	Bh-T, Bs-T	T
	<i>Rollinia cf. membranacea</i>	Anón de monte	Bh-T	A
Apocynaceae	<i>Allamanda catartica</i>		Bs-T	T
	<i>Aspidosperma cuspa</i>	Aventuroso	Bs-T	A
	<i>Aspidosperma sp.</i>	Carreto	Bs-T	A
	<i>Macropharynx sp.</i>		Bs-T	SL
	<i>Stemmadenia grandiflora</i>	chagualón de monte	Bh-T, Bs-T	T
Araceae	<i>Monstera sp.</i>	Balazo	Bs-T	SEH
	<i>Philodendron sp.</i>		Bs-T	SH
Araliaceae	<i>Dendropanax sp.</i>		Bh-T	A
	<i>Sciadodendron excelsum</i>	Arracacho	Bh-T, Bs-T	A
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i>	Chonta, palma corozo	Bh-T	PAM
	<i>Aiphanes aculeata</i>		Bs-T	PTM
	<i>Chamaedorea sp.</i>		Bh-T	PTM
	<i>Cryosophylla kalbreyeri</i>	Palma barbasco	Bh-T	PAM
	<i>Phytelephas sp.</i>	Tagua	Bh-T	PAM
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia cf. maxima</i>		Bs-T	SL
Asclepiaceae	Indet.		Bs-T	SH
Asteraceae	<i>Aspila sp.</i>	Concho	Bh-T	Hr
	<i>Clibadium sp.</i>	Navidad	Bh-T	Hr
	<i>Mikania sp.</i>	Salvión	Bh-T	SL
	<i>Onoseris onoseroides</i>		Bh-T	Hr
Bignoniaceae	<i>Distictella sp.</i>		Bs-T	SL
	<i>Crescentia kujete</i>	Totumo	Bs-T	A
	<i>Jacaranda hesperia</i>	Gualanday	Bh-T	A
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Gualanday, Chingalé	Bh-T	A
	<i>Tabebuia ochracea</i>	Polvillo, acán	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Tabebuia sp.</i>		Bh-T	A

**Tabla 4.3. Especies florísticas identificadas en el área de estudio. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre local	Zona de vida	Hábito <sup>(a)</sup>
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	Bs-T	A
	<i>Ochroma pyramidale</i>	Balso real	Bh-T	A
	cf. <i>Pachira</i>		Bh-T	A
	<i>Pachira quinata</i>	Ceiba tolua, ceiba negra	Bh-T	A
	<i>Pseudobombax septenatum</i>	Ceiba verde, majagua	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Quararibea</i> sp.	Molinillo	Bh-T	A
Boraginaceae	<i>Cordia panamensis</i>	Gallinazo, pate gallina	Bh-T, Bs-T	A
Bromeliaceae	<i>Tillandsia balbisiana</i>		Bs-T	HE
	<i>Tillandsia</i> sp.		Bs-T	HE
Burseraceae	<i>Bursera simarouba</i>	Resbalamono, carate	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Bursera graveolens</i>	Zafrás	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Bursera tomentosa</i>	Almacigo	Bs-T	A
Cactaceae	<i>Hylocerius undatus</i>	Tuno macho	Bs-T	T
	<i>Opuntia elatior</i>		Bs-T	T
	<i>Pereskia bleo</i>		Bs-T	T
	<i>Rhipsalis cassutha</i>		Bs-T	T
	<i>Opuntia</i> sp.	Oreja de vaca	Bs-T	T
Caesalpinaceae	<i>Bahuinia picta</i>	Casco de vaca	Bh-T	A
	<i>Brownea</i> cf. <i>stenantha</i>	Clavellino	Bh-T	A
	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Clavellino	Bs-T	T
	<i>Cynometra</i> cf. <i>bauhinifolia</i>	Algarrobito	Bh-T	A
	<i>Hymenaea courbaril</i>	Algarrobo	Bs-T	A
	<i>Senna bacillaris</i>	Avejonero , chocho	Bh-T	A
	<i>Senna</i> sp. 1		Bh-T	A
	<i>Senna</i> sp. 2	Frijolito	Bs-T	T
Caesalpinaceae	<i>Senna spectabilis</i>	Caña fistula	Bh-T	A
	<i>Senna occidentales</i>		Bs-T	T
	<i>Tamarindos indica</i>	tamarindo	Bs-T	A
	<i>Capparis indica</i>	Rabo de iguana, hoja dorada	Bh-T, Bs-T	T
Capparaceae	<i>Capparis</i> cf. <i>sessilis</i>		Bs-T	T
	<i>Capparis pachaca</i>		Bh-T	T
	<i>Capparis sola</i>		Bh-T	T
	<i>Crateva tapia</i>	Mil pesos	Bh-T, Bs-T	T
	<i>Morisonia oblongifolia</i>		Bh-T	T
Caryaceae	<i>Vasconcella cauliflora</i>	Higo, papayuelo	Bh-T, Bs-T	T
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Yarumo	Bh-T, Bs-T	A
Clusiaceae	<i>Clusia minor</i>	Chagualo	Bh-T	A
	<i>Clusia</i> sp. 1	Chagualón	Bh-T	A
	<i>Garcinia intermedia</i>	Guaimaro	Bh-T	A

**Tabla 4.3. Especies florísticas identificadas en el área de estudio. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre local	Zona de vida	Hábito <sup>(a)</sup>	
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Algodoncillo, burburú	Bh-T, Bs-T	A	
Combretaceae	<i>Combretum</i> sp.	Chupa chupa	Bh-T	SL	
	<i>Terminalia</i> sp.	Bulín	Bh-T	A	
Convolvulaceae	<i>Merrenia umbellifera</i>		Bs-T	SL	
Cyclanthaceae	<i>Sphaeradenia</i> sp.		Bh-T	Hr	
Dilleniaceae	<i>Curatela americana</i>	Piedralejo	Bh-T	A	
	<i>Tetracera</i> sp.	Arracacho	Bs-T	A	
Elaeocarpaceae	<i>Mutingia calabura</i>	Uvito	Bs-T	T	
	<i>Sloanea brevispina</i>	Cadillo amarillo	Bs-T	T	
Erythroxylaceae	<i>Erythroxilum</i> cf. <i>oxicarpum</i>	Coca silvestre	Bh-T, Bs-T	T	
	<i>Erythroxilum</i> cf. <i>cassinoides</i>	Coca monte	Bh-T, Bs-T	T	
Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i> sp.		Bs-T	T	
	<i>Acalypha platyphylla</i>		Bs-T	T	
	<i>Cnidoscopus urens</i>	Pringamosa brava	Bh-T, Bs-T	T	
	<i>Croton leptostachys</i>	Guayabillo	Bs-T	T	
	<i>Hura crepitans</i>	Ceibón, ceiba tunuda	Bh-T, Bs-T	A	
	<i>Mabea occidentales</i>		Bh-T	A	
	<i>Manihot cartagenensis</i>	Yuca de monte	Bh-T, Bs-T	T	
	<i>Margaritaria nobilis</i>		Bh-T	T	
	<i>Phyllanthus botrianthus</i>	Huesito colorado	Bs-T	T	
	<i>Phyllanthus</i> sp.		Bs-T	T	
	<i>Sapium</i> sp.		Bh-T	A	
	Fabaceae	<i>Centrolobium paraense</i>	Taqui, bala huste	Bh-T	A
		<i>Coursetia caribea</i>	Matarratón	Bh-T, Bs-T	A
<i>Erythrina poeppigiana</i>		Cámbulo	Bh-T	A	
<i>Lonchocarpus</i> cf. <i>velutina</i>			Bh-T, Bs-T	A	
<i>Lonchocarpus</i> sp.		Cartageno	Bs-T	A	
<i>Machaerium pachyphyllum</i>		Siete cueros	Bh-T, Bs-T	A	
<i>Macherium</i> cf. <i>microphyllum</i>		Uña de gato	Bh-T	A	
Fabaceae	<i>Macherium</i> cf. <i>moritziana</i>		Bh-T	A	
	<i>Platymiscium</i> cf. <i>polystachium</i>	Aceituno	Bh-T	A	
	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Guayacán	Bh-T, Bs-T	A	
	<i>Pterocarpus</i> cf. <i>officinalis</i>	Totumito	Bh-T	A	
	<i>Swartzia haughtii</i>	Taqui	Bh-T	A	
Flacourtiaceae	<i>Casearia corymbosa</i>	Tabaidá	Bh-T	A	
	<i>Casearia praecox</i>	Huesito blanco	Bh-T, Bs-T	T	
	<i>Casearia</i> sp. 1		Bh-T	T	
	<i>Casearia</i> sp. 2	Cacho de venado	Bh-T	T	
	<i>Zuelania guidonia</i>	Aceite, fortaleta, tabaidá macho	Bh-T, Bs-T	A	

**Tabla 4.3. Especies florísticas identificadas en el área de estudio. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre local	Zona de vida	Hábito <sup>(a)</sup>
Gesneriaceae	<i>Crisothemis friedrichsthaliana</i>		Bs-T	Hr
Hernandiaceae	<i>Gyrocarpus americanus</i>	Amargo	Bh-T, Bs-T	A
Heliconiaceae	<i>Heliconia latispatha</i>	Platanillo	Bs-T	Hr
Hippocrateaceae	<i>Salacia</i> sp.		Bh-T, Bs-T	T
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	Erizo	Bh-T	A
Lecythidaceae	<i>Eschweilera pittieri</i>	Cabuyo	Bh-T	A
	<i>Grias</i> sp.	Membrillo	Bh-T, Bs-T	A
Liliaceae	<i>Hymenocallis</i> sp.		Bs-T	Hr
Loganiaceae	<i>Loganiaceae</i>		Bh-T	T
Lythraceae	<i>Adenaria</i> cf. <i>floribunda</i>	Chaparro	Bh-T	T
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Berraquillo , noro	Bh-T	T
	<i>Hiraea</i> sp.		Bs-T	T
	<i>Stigmaphyllon</i> sp.		Bs-T	T
Malvaceae	<i>Malvaviscos</i> sp.		Bh-T	T
Melastomataceae	<i>Allomaieta</i> cf. <i>hirsuta</i>	Mortño	Bh-T	T
	cf. <i>Aciotis</i>	Esmeralda	Bh-T	T
	<i>Miconia impetolaris</i>	Mortño	Bh-T	T
	<i>Miconia prasina</i>		Bh-T	T
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Bh-T	A
	<i>Trichilia</i> sp.		Bs-T	A
	<i>Trichillia pallida</i>	Tautano	Bh-T, Bs-T	A
Mimosaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	Cascarillo	Bs-T	T
	<i>Albizia carbonaria</i>	Clavellino, guacamayo	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Albizia</i> cf. <i>Colombiana</i>	Guacamayo	Bs-T	A
	<i>Aurus</i> sp.	Chochito	Bs-T	SL
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Piñón de oreja	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Inga acuminata</i>	Guamo	Bh-T	A
	<i>Inga</i> cf. <i>Marginata</i>	Guamo	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Bs-T	A
	<i>Mimosa</i> sp.	Sacahilo	Bs-T	T
	<i>Phithecellobium lancifolium</i>	Suribio	Bh-T	A
	<i>Samanea saman</i>	Cedro playero	Bh-T, Bs-T	A
Monimiaceae	<i>Siparuna</i> sp.		Bh-T	T
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Higuerón	Bs-T	A
	<i>Dorstenia contrajerva</i>		Bs-T	Hr
	<i>Ficus andicola</i>	Higuerón	Bh-T	A
	<i>Ficus insipida</i>	Lechado	Bh-T	A
	<i>Ficus nimphaeifolia</i>	Nacedero	Bh-T	A
	<i>Ficus</i> sp. 1	Lechado	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Helicostylis sprucei</i>		Bh-T	A
	<i>Maclura tinctoria</i>	Avinge	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Sorocea affinis</i>	Lechado	Bh-T, Bs-T	A

**Tabla 4.3. Especies florísticas identificadas en el área de estudio. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre local	Zona de vida	Hábito <sup>(a)</sup>
Myrsinaceae	<i>Ardisia</i> sp.	Chagualito de monte	Bh-T, Bs-T	T
	<i>Myrsine</i> sp.	Chagualito	Bh-T	T
	<i>Stylogyne</i> cf. <i>laveis</i>		Bh-T	T
Myrtaceae	<i>Calyptanthus</i> cf. <i>multiflora</i>	Hoja menuda	Bh-T, Bs-T	T
	<i>Calycolpus moritzianus</i>	Arrayán común	Bh-T	A
	<i>Eugenia biflora</i>		Bh-T	T
	<i>Psidium guajaba</i>	Guayabo	Bh-T	T
Nygtaginaceae	<i>Guapira costaricana</i>	Berraquillo	Bs-T	A
	<i>Neea</i> sp.		Bs-T	A
	<i>Pisonea</i> sp.	Caruco	Bs-T	T
Ochnaceae	<i>Ouratea lucens</i>		Bh-T	T
Orquidiaceae	<i>Catleya patinii</i>		Bs-T	He
	<i>Notylia</i> sp.		Bs-T	He
	<i>Dimerandra</i> sp.		Bs-T	He
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.		Bh-T	SH
Piperaceae	<i>Piper arboreum</i>		Bs-T	T
	<i>Piper auritum</i>		Bs-T	T
	<i>Piper grande</i>		Bh-T	T
	<i>Piper haughtii</i>		Bs-T	T
	<i>Piper marginatum</i>	Cordoncillo	Bs-T	T
	<i>Piper reticulatum</i>	Pimienta	Bh-T	T
Poaceae	<i>Olira latifolia</i>		Bh-T	Hr
Polygonaceae	<i>Coccoloba padiformis</i>	Indio viejo	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Coccoloba</i> sp. 1	Mulato	Bs-T	A
	<i>Coccoloba</i> sp. 2		Bh-T	A
	<i>Triplaris</i> cf. <i>americana</i>	Amarrabollo	Bh-T, Bs-T	A
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>		Bh-T	A
Pteridophyta	Indet.		Bs-T	FHr
Rubiaceae	<i>Chiococca alba</i>		Bs-T	T
	<i>Chomelia</i> sp.		Bh-T	T
	<i>Chomelia speciosa</i>	Aguapante	Bh-T	T
	<i>Chomelia spinosa</i>	Aguapante	Bh-T	T
	<i>Faramea occidentalis</i>		Bh-T, Bs-T	A
	<i>Genipa americana</i>	Jagua	Bh-T	A
Rubiaceae	<i>Guetarda</i> cf. <i>eliadis</i>	Mulato	Bs-T	A
	<i>Guetarda</i> sp. 1	Tuna cruz	Bs-T	T
	<i>Guetarda</i> sp. 2	Trompetero	Bs-T	T
	<i>Guetarda</i> sp. 3	Saca ojos	Bh-T	T
	<i>Hamelia patens</i>	Vencenuco	Bh-T	T
	<i>Palicourea</i> cf. <i>croccoides</i>		Bh-T	T
	<i>Pittoniotis</i> sp.		Bh-T	T

**Tabla 4.3. Especies florísticas identificadas en el área de estudio. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre local	Zona de vida	Hábito <sup>(a)</sup>
Rubiaceae	<i>Pososqueria latifolia</i>	Bola de mico	Bh-T	A
	<i>Psychotria microdon</i>		Bs-T	T
	<i>Psychotria orosiana</i>	Mortiño	Bh-T	T
	<i>Randia armata</i>		Bh-T, Bs-T	T
	<i>Randia</i> sp.		Bh-T	T
	<i>Simira cordifolia</i>	Berraquillo	Bh-T, Bs-T	T
	<i>Sommeria sabiceoides</i>		Bh-T	T
Rutaceae	<i>Amyris pinnata</i>	Tachuelo	Bs-T	A
	<i>Fagara</i> sp.		Bs-T	A
	<i>Pilocarpus goudoutianus</i>		Bs-T	A
	<i>Zanyhoxilum</i> cf. <i>Macrosperrun</i>	Tachuelo	Bs-T	A
	<i>Zanyhoxilum amoyense</i>		Bh-T	A
	<i>Zanthoxilum fagara</i>		Bs-T	A
	<i>Zanthoxilum rhoifolium</i>	Tachuelo	Bh-T	A
	<i>Zanthoxilum</i> sp. 1		Bh-T	A
	<i>Zanthoxilum</i> sp. 2	Doncel	Bh-T	A
Sapindaceae	<i>Pallinia turbacensis</i>		Bs-T	SL
	<i>Sapindus saponaria</i>		Bh-T, Bs-T	A
	<i>Talisia</i> sp. 1		Bh-T	A
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum</i> cf. <i>argenteum</i>	Caimo	Bh-T	A
	<i>Chrysophyllum</i> sp.		Bs-T	A
	<i>Pouteria</i> sp. 1		Bs-T	A
	<i>Pouteria</i> sp. 2		Bh-T	A
	<i>Pouteria</i> sp. 3		Bs-T	A
Schrophulariaceae	<i>Pouteria</i> sp. 4		Bh-T	A
	<i>Scoparia dulcis</i>		Bs-T	Hr
	Sellaginellaceae	<i>Sellaginella</i> sp.	Bh-T, Bs-T	FHr
	Simaroubaceae	<i>Picramia gracilis</i>	Bh-T, Bs-T	T
Solanaceae	<i>Solanum schlechtendalianum</i>		Bs-T	A
	<i>Solanum</i> sp. 1		Bh-T	A
	<i>Solanum</i> sp. 2	Guásimo macho	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Cestrum</i> sp.		Bs-T	T
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guásimo	Bh-T, Bs-T	A
	<i>Ayenia mayna</i>		Bs-T	T
Tectariaceae	<i>Cyclopeltis</i> sp.		Bh-T	FHr
Theophrastaceae	<i>Clavija</i> sp.		Bh-T	T
Tiliaceae	<i>Heliocarpus americanus</i>	Balso, balsillo	Bh-T	A
Ulmaceae	<i>Ampelocera</i> sp.		Bh-T	A
	<i>Celtis</i> cf. <i>iguanaza</i>	Tunoguapante	Bh-T	A
	<i>Trema micrantha</i>	Zurumbo	Bh-T	A

**Tabla 4.3. Especies florísticas identificadas en el área de estudio. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre local	Zona de vida	Hábito <sup>(a)</sup>
Urticaceae	<i>Myriocarpa stipitata</i>	Aguanoso	Bh-T	A
	<i>Myriocarpa</i> sp.	Aguanoso	Bs-T	A
	<i>Urera</i> sp.	Pringamosa	Bh-T, Bs-T	T
	<i>Urera caracasana</i>		Bs-T	T
Verbenaceae	<i>Aegiphylla</i> cf. <i>integrifolia</i>		Bh-T	T
	<i>Callicarpa</i> cf. <i>acuminata</i>		Bh-T, Bs-T	Hr
	<i>Cytharexylum kunthinum</i>		Bs-T	A
	<i>Lippia</i> sp.	Saca ojos	Bh-T	T
	<i>Stachytapeta</i> sp.		Bh-T	T
Vitaceae	<i>Cissus verticilada</i>		Bh-T	SH

(a) Hábito de crecimiento: árbol (A), arbusto (T), escandente leñosa (SL), escandente herbácea (SH), hierba terrestre (Hr), hierba epífita (HE), helecho herbáceo terrestre (FHR), hemiepífita herbácea (SEH) y palma arbórea monoestipitada (PAM), palma arbustiva monoestipitada (PTM).

Entre las especies que presentan medidas de protección por la legislación Colombiana, CORANTIOQUIA ha establecido restricciones para el aprovechamiento de *Hymenaea courbaril* (algarrobo) y de *Astronium graveolens* (diomato), de acuerdo con el artículo 2 de la Resolución 3138/2000. Blandón & Buitrago (2001).

#### 4.1.1.7 Especies endémicas

Considerando el término “especies endémicas” en sentido estricto, dentro del área de influencia del proyecto no se encuentran especies con este tipo de distribución.

Sin embargo, se observó que algunas especies, todas ellas de amplia distribución en Colombia, presentan poblaciones que caracterizan localmente una u otra de las zonas de vida presentes en el área de influencia. A manera de ejemplo, en el bosque seco se encuentran poblaciones densas y llamativas de especies como *Aristolochia* cf. *maxima*, *Sciadodendron excelsum* (arracacho), *Crateva tapia* (milpesos), *Morisonia oblongifolia*, *Erythroxylum* cf. *oxicarpum* (coca de monte), *Platimischium pinnatum* (guayacán), *Zuelania goudiana* (fortalete), *Gyrocarpus americanus* (amargo), *Amyris pinnata* (tachuelo), *Pilocarpus goudoutinus* y *Zanthoxylum amoyense* (tachuelo), en tanto que en el bosque húmedo se observan *Phytelephas* sp. (tagua) y *Cryosophylla kalbreyeri* (palma barbasco).

#### 4.1.1.8 Usos de las especies.

Dentro del inventario de vegetación se desarrollaron consultas con los habitantes de la región sobre los usos de las plantas, desarrollados por parte de las comunidades locales (véase la Tabla 4.4), además también se consultó sobre los usos potenciales de las especies.



**Tabla 4.4. Especies vegetales usadas por las comunidades locales.**

Especie	Nombre local	Uso local
<i>Acrocomia aculeata</i>	Chonta, palma corozo	alimento para cerdos
<i>Annona purpurea</i>	Guanábano de monte	Consumo humano
<i>Annona sp.</i>		Consumo humano
<i>Annona squamosa</i>	Anón de monte	Consumo humano
<i>Brosimum alicastrum</i>	Higuerón	Medicinal.
<i>Bursera simarouba</i>	Resbalamono, carate	Postes
<i>Bursera tomentosa</i>	Almacigo	Elaboración de molinos y postes.
<i>Capparis indica</i>	Rabo de iguana	Se usa para leña.
<i>Casearia praecox</i>	Huesito blanco	Contrucción (techos)
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	Elaboración de bateas
<i>Clusia minor</i>	Chagualo	Contrucción (techos)
<i>Crescentia cujete</i>	Totumo	utensillio de cocina
<i>Cryosophylla kalbreyeri</i>	Palma barbasco	elaboración de escobas
<i>Grias sp.</i>	Membrillo	alimento para cerdos
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guásimo	Contrucción de techos, medicinal para tartar problemas gástricos del ganado con la corteza estacones
<i>Guetarda cf eliadis</i>	Mulato	
<i>Gyrocarpus americanus</i>	Amargo	Elaboración de molinos y arandas.
<i>Hamelia patens</i>		Medicinal como fungicida
<i>Hura crepitans</i>	Ceibón, ceiba tunuda	La semilla se usa como anzuelo para pescar Dorada.
<i>Hymenaea courbaril</i>		Frutos comestibles (uso local)
<i>Machaerium pachyphyllum</i>	Siete cueros	Contrucción (techos)
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Consumo humano
<i>Muntingia calabura</i>	Uvito	Usado para encabar los recatones.
<i>Myriocarpa sp.</i>	Aguanoso	Para proteger nacimientos de agua
<i>Oxandra longipetala</i>	yayo	En varas para casas
<i>Quararibea sp.</i>	Molinillo	utensillio de cocina
<i>Rollinia cf. membranacea</i>	Anón de monte	Consumo humano
<i>Samanea saman</i>	Cedro playero	Elaboración de bateas y estacones. Con las hojas maceradas y mezcladas con agua se decanta el oro.
<i>Sciadodendron excelsum</i>	Arracacho	estacones
<i>Simira cordifolia</i>	Berraquillo	Contrucción (techos)
<i>Solanum sp. 2</i>	Guásimo macho	Contrucción
<i>Spondias cf. mombin</i>	Hobo	alimento para cerdos
<i>Spondias sp.</i>	Hobo	alimento para cerdos
<i>Tamarindus indica</i>	tamarindo	Consumo humano
<i>Terminalia sp.</i>	Bulín	estacones
<i>Triplaris cf americana</i>	Amarrabollo	Contrucción (techos)
<i>Vasconcella cauliflora</i>	Higo, papayuelo	Consumo humano

#### 4.1.1.9 Zonas protegidas

Es importante anotar que el proyecto se encuentra localizado lejos de áreas protegidas que hagan parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, siendo el más cercano el Parque Nacional Natural de Paramillo, parte de cuyo territorio pertenece al municipio de Ituango pero no hace parte de la cuenca aportante al Río Cauca.

De igual manera, puede afirmarse que ninguna de las obras o instalaciones definitivas o temporales generará afectaciones sobre áreas de reserva de importancia municipal, como cuencas abastecedoras de acueductos o atractivos naturales especiales.

Existe un sitio de claro interés patrimonial para toda la región que es Puente de Occidente, sin embargo, la alternativa analizada no producirá afectación sobre la estructura ni sobre sus alrededores porque la cola del embalse quedará situada, aproximadamente, a 25 km de distancia.

#### 4.1.1.10 Estructura de las coberturas vegetales.

En la Tabla 4.5 se presentan los promedios de las principales variables dendrométricas (diámetro normal, altura total) y el área basal por hectárea en las tres coberturas de cada zona de vida. Se observa que de la cobertura menos desarrollada (rastroyo bajo) a la más desarrollada (bosque secundario), el valor promedio de estas variables se va incrementando.

**Tabla 4.5. Principales variables dendrométricas en las coberturas estudiadas.**

Zona de vida	Bh-T			Bs-T		
	Bsec	Ra	Rb	Bsec	Ra	Rb
Cobertura vegetal						
Diámetro promedio (cm)	21,80	17,65	4,2	25,63	18,18	3,4
Altura promedio-h (m)	11,25	10,15	3,3	12,20	10,19	3,1
Área basal-G (m <sup>2</sup> /ha)	32,39	18,42	18,2	36,56	20,10	17,45

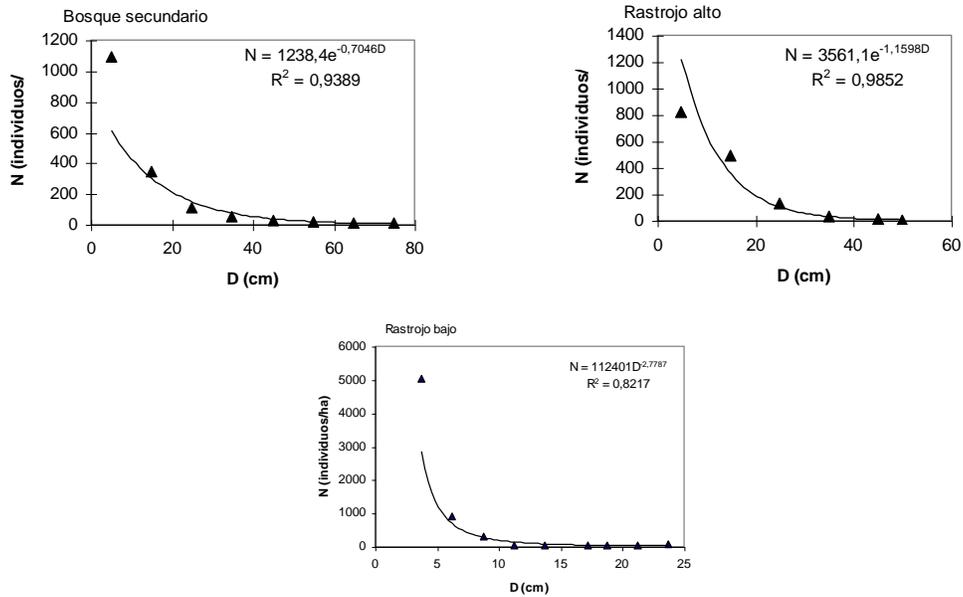
Nota: N es número de individuos por clase diamétrica; D, diámetro normal de árboles.

La estructura diamétrica de los tres tipos de formación vegetal se presenta en la Figura 4.3 y la Figura 4.4; para bosque secundario y rastroyo alto se aprecia la forma típica de “J” invertida, característica de poblaciones irregulares o disetáneas, conformada por árboles de edades muy diferentes, en donde los mayores diámetros tienden a ser los árboles de mayor edad. Esta composición constituye la mejor garantía para la existencia y sobrevivencia de la comunidad forestal, ya que los individuos de mayores dimensiones, que son eliminados ocasionalmente, son sustituidos por los individuos de categorías diamétricas inferiores.

Estadísticamente, el modelo que mejor representa la estructura diamétrica de los bosques y rastrojos altos es el de *De Liocourt y Meyer*, sin embargo, para los rastrojos bajos se obtuvieron mejor ajustes con el modelo potencial.

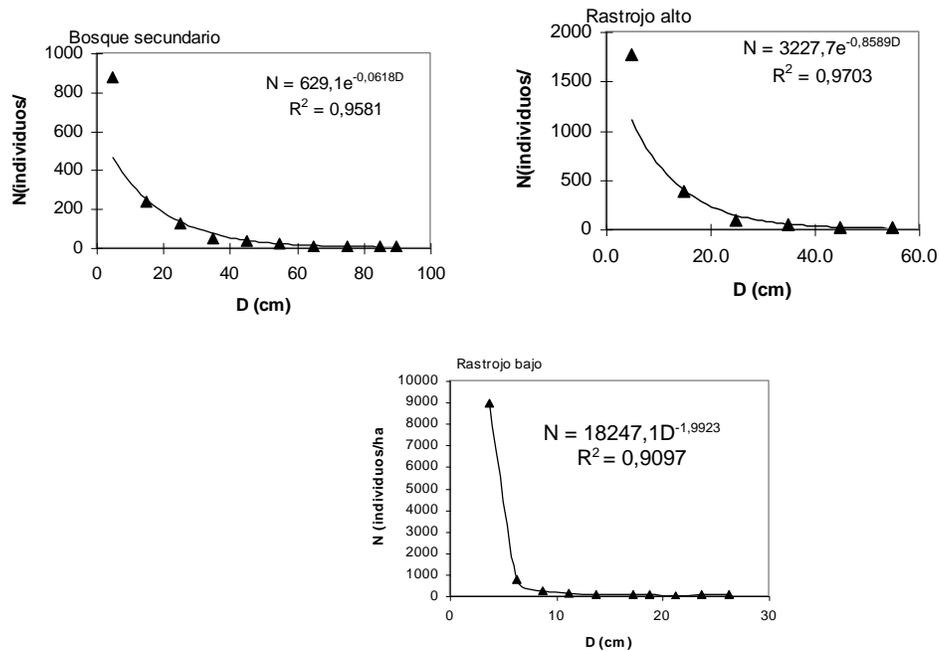
El área basal es uno de los parámetros particularmente importantes para la silvicultura, ya que es un elemento indicador de la ocupación de un sitio; además es el principal parámetro para calcular el volumen del rodal. Como se puede observar en la Figura 4.5 y la Figura 4.6, la estructura de área basal muestra una gran heterogeneidad, evidenciada por la forma de “J” invertida; los mejores ajustes se obtuvieron con el modelo potencial.

**Figura 4.3. Estructura diamétrica de coberturas en Bosque húmedo tropical.**



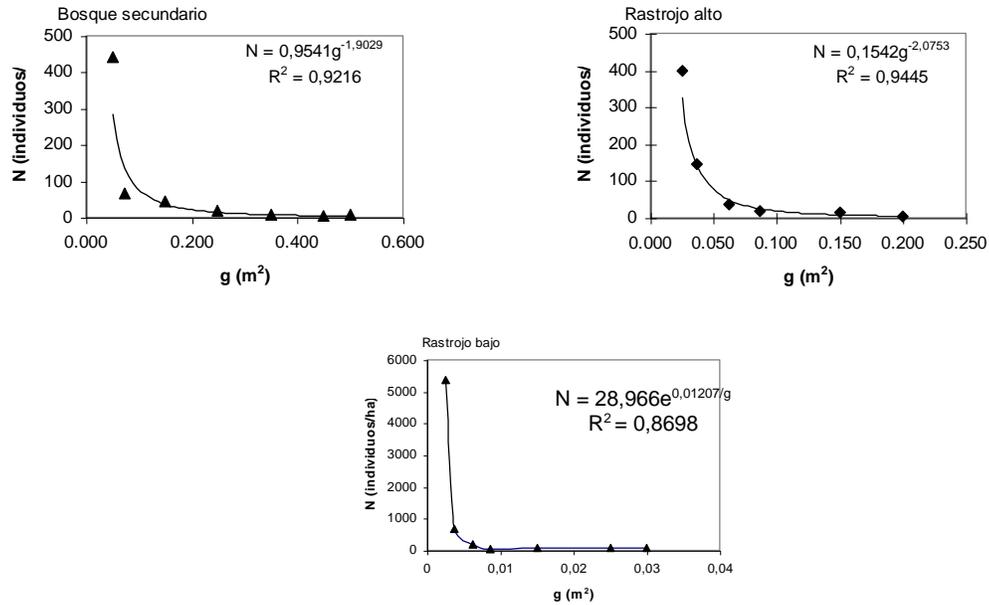
Nota: N, número de individuos por clase diamétrica en una hectárea, D, diámetro normal de árboles

**Figura 4.4. Estructura diamétrica de coberturas en Bosque seco tropical**



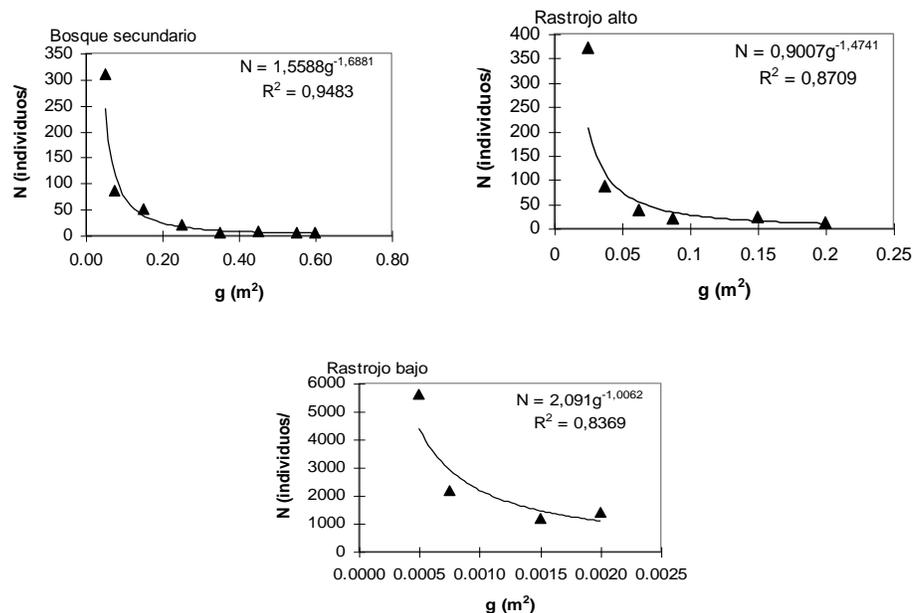
Nota: N, número de individuos por clase diamétrica en una hectárea, D, diámetro normal de árboles

**Figura 4.5. Estructura de área basal de coberturas en Bosque húmedo tropical.**



N, número de individuos por clase de área basal en una hectárea, g, área basal de árboles individuales

**Figura 4.6. Estructura de área basal de coberturas en Bosque seco tropical.**



Nota: N, número de individuos por clase de área basal en una hectárea, g, área basal de árboles individuales

La estructura de altura de los tres tipos de formación vegetal, para cada zona de vida, se presenta en la Figura 4.7 y la

Figura 4.8. Para bosque secundario y rastrojo alto se aprecian distribuciones unimodales, indicando la presencia de un estrato claramente definido, en donde hay una mayor concentración de copas, en general entre 4 y 7 metros de altura. En este tipo de distribución no hay un flujo continuo de alturas, se presentan pocos individuos en las clases de altura inferiores y superiores. En rastrojo bajo, se observa un estrato diferenciado en las clases de altura inferiores.

#### 4.1.1.11 Relaciones dendrométricas

En las relaciones entre las dimensiones de los árboles están incluidas las leyes del crecimiento relativo, donde se analiza el crecimiento de un elemento o dimensión con respecto al otro o a la totalidad; en la silvicultura son herramientas útiles, ya que brindan la posibilidad de estimar la altura a partir de las mediciones del diámetro, una variable de más fácil medición, a través de regresiones que modelen y describan dichas relaciones; su interpretación da elementos e información para conocer una parte del bosque, los cuales se pueden aplicar en la elaboración y desarrollo de sus planes de manejo.

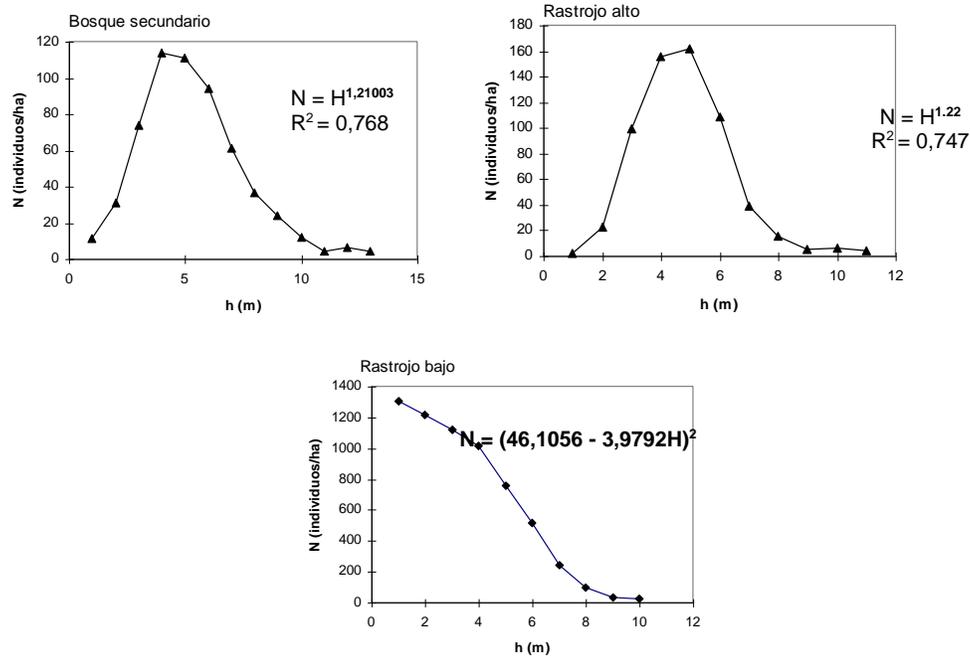
Usando las alturas de árboles medidos con clinómetro y sus respectivos diámetros normales, se probaron modelos para correlacionar diámetro-altura total, área basal-altura total, diámetro-altura comercial y área basal-altura comercial.

En el inventario se midieron, además del diámetro normal de todos los árboles, las alturas totales y comerciales de 697 árboles, empleando clinómetros Suunto, en las diferentes coberturas identificadas en cada zona de vida. En la Tabla 4.6 se presentan el número de individuos medidos en cada cobertura y el rango de las mediciones.

**Tabla 4.6. Número de registros de altura en las diferentes coberturas y su rango de medición.**

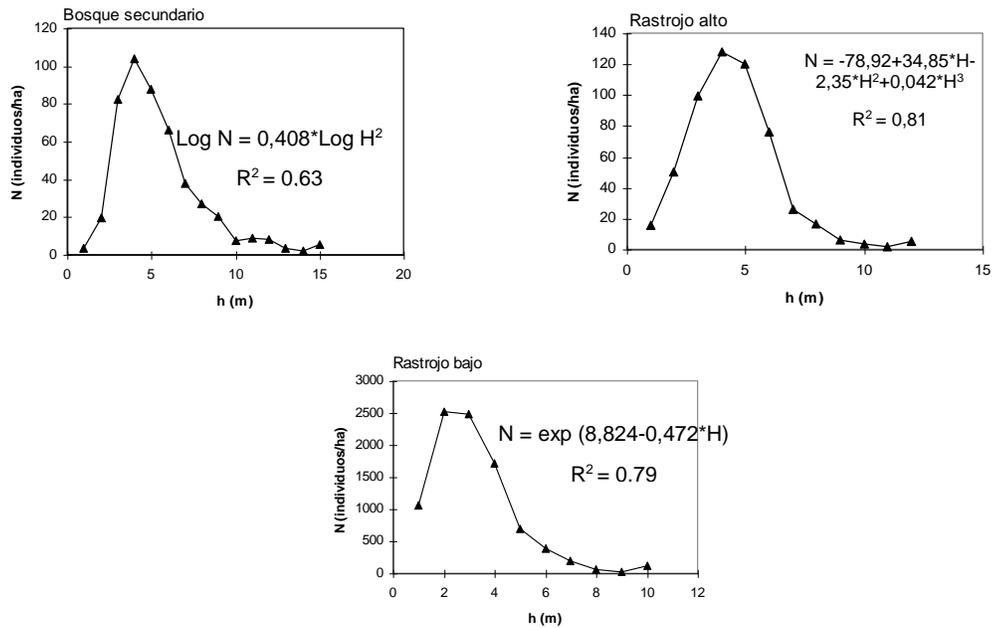
Zona de vida	Bs-T		Bh-T	
	Ra	Bsec	Ra	Bsec
Altura total				
No	248	215	46	141
Rango (m)	3,6-31,4	4,0-41,8	5,1-22,3	3,3-30,3
Altura comercial				
No	152	117	28	91
Rango (m)	1,8-14,6	2,0-19,4	2,1-13,0	1,9-18,6

**Figura 4.7. Estructura de alturas de coberturas en Bosque húmedo tropical**



Nota: N, número de individuos por clase altura en una hectárea, h, altura de árboles individuales.

**Figura 4.8. Estructura de alturas de coberturas en Bosque seco tropical.**



N, número de individuos por clase altura en una hectárea, h, altura de árboles individuales



Para evaluar las relaciones entre las variables mencionadas, se aplicaron regresiones no lineales, lineales simples, múltiples y polinómicas, empleando el programa Statgraphics plus versión 4; se ensayaron modelos planteados por diferentes autores y algunos empíricos, entre los primeros los que expresan relaciones alométricas (véase la Tabla 4.7). (Lema & Patiño, 2000).

**Tabla 4.7. Modelos generales evaluados**

Forma	Modelo
$Y = a \cdot X^b$	Bertalanffy
$\ln(Y) = a + b \cdot \ln(X)$	
$Y = a - b/X + c \cdot X^2$	Polinómico
$Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$	Polinómico grado 2
$Y = b_0 + b_1 \cdot X + b_2 \cdot X^2 + b_3 \cdot X^3$	Polinómico grado 3
$H = 1.3 + b \cdot X - c \cdot X^2$	Polinómico (Ker y Smith)
$1/Y = 1/A \cdot X^n + 1/Y_{max}$	Ogawa y otros
$Y = a + b \cdot \ln(X)$	Semi logarítmico (X)
$Y = \exp.(a + b \cdot X)$	Exponencial
$Y = \exp.(a + b/X)$	Clutter (Sigmoidal)
$\ln(Y) = a + b/X$	
$Y = \exp.(a + b/Xc)$	Clutter modificado
$Y = \exp.(a + b/X^2)$	Clutter modificado
$Y = 1/(a + b \cdot X)$	Recíproco en Y
$Y = a + b/X$	Recíproco en X
$Y = 1/(a + b/X)$	Doble recíproco

Inicialmente la información (registros de diámetros y alturas) se clasificó y procesó por zona de vida y cobertura para evaluar los diferentes modelos, en los que las variables dependientes fueron la altura total (ht) y la altura comercial (hc) y las variables independientes el diámetro normal y el área basal que en algunos modelos se combinaron. En las Tabla 4.8 y Tabla 4.9 se presentan los modelos que mejor ajustaron en cada zona de vida y cobertura, con la altura total y altura comercial como variables dependientes con sus respectivos estadísticos, coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el error estándar de la estimación (EE), el valor medio absoluto del error (MAE), el coeficiente de Durbin Watson (DW) y el valor de la razón F. según la regresión aplicada.

Para la altura total en el rastrojo alto del bh-T, los dos modelos que mejor ajustaron son empíricos; el primero es recíproco, con el diámetro como variable independiente, tiene error estándar bajo pero mucha variabilidad; el segundo, que tiene como variable independiente el área basal, tiene variabilidad baja pero el error estándar alto.

En la altura comercial los modelos alométricos son los que presentan el mejor ajuste. En general, cuando la altura comercial es la variable dependiente, los modelos presentaron menor ajuste, debido quizás a que la altura comercial puede estar más sometida que la altura total a los eventos externos de orden físico, como la caída de otros árboles y ramas, la acción de los vientos, que aunque también pueden afectar la altura total, el árbol se puede recuperar y continuar con su crecimiento mientras que deteriorado el fuste pierde su valor comercial y difícilmente recupere su rectitud.

**Tabla 4.8. Modelos con mejor ajuste para cada cobertura en cada zona de vida.**  
Variable dependiente: altura total (Ht). (d: diámetro a 1,3 m de altura; g: área basal)

Z. de vida	Cob	Modelo	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajust	EE	MAE	DW	F
Bh-T	Ra	$ht=1/(0,0509307 + 0,664823*1/d)$	61,1	61,0	0,02	0,02	1,78	462,4
Bh-T	Ra	$ht = -2,255-209,987 *1/g + 2,56995*\log(g)$	51,0	48,7	3,1	2,24	2,0	21,37
Bh-T	Bs	$ht = -17,409 + 4,84586*\ln(g) + 526,691*1/g$	53,3	52,6	3,88	3,08	1,83	85,47
Bh-T	Bs	$ht=3,36704*d0,440652$	49,9	49,5	4,00	3,35	1,7	
Bh-T	Bs	$ht = -12,8204 + 297,841*1/g + 4,23605*\log(g)$	49,8	49,2	4,12	3,22	1,78	75,45
Bh-T	Bs	$ht = -18,4908 + 61,7778*1/d + 9,35846*\log(d)$	48,6	47,9	4,16	3,26	1,76	72,29
Bs-T	Ra	$ht = 1/(0,0495525 + 0,660954*1/d)$	65,0	64,9	0,02	0,02	1,75	463,1
Bs-T	Ra	$ht = 3,15033*d0,447604$ $\ln(ht) = 1,14751 + 0,447604*\ln(d)$	45,7		0,28			210,8
Bs-T	Ra	$ht=0,0804+d0,462396$ $\ln(ht) = 1,08372 + 0,462396*\ln(d)$	43,1	42,9	0,31	0,2	1,84	195,4
Bs-T	Bs	$ht = 7,25831 + 0,2034*d+0,00388775*d^2-0,0000493652*d^3$	44,1	43,3	4,3	3,4	1,5	54,2
Bs-T	Bs	$ht= 4,27462 - 0,00392835*g + 0,48249*d$	43,8	43,2	4,4	3,4	1,4	80,5
Bs-T	Bs	$3,1742*d0,465446$	43,0	42,7	4,21	3,78	0,66	

**Tabla 4.9. Modelos con mejor ajuste para cada cobertura en cada zona de vida.**  
Variable dependiente: altura comercial (Hc) (d: diámetro a 1,3 m de altura; g: área basal)

Z. de vida	Cob	Modelo	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajust	EE	MAE	DW	F
Bh-T	Ra	$\ln(hc) = 2,42843 - 12,3465*1/d$	30,7	29,1	0,4	0,3	2,2	19,5
Bh-T	Ra	$hc = -4,15616 + 3,48464*\ln(d)$	30,4		2,5			19,7
Bh-T	Ra	$\ln(hc) = -0,891018 + 8,29887*\ln(d) - 3,86553*\ln(g)$	29,8	26,5	0,4	0,3	2,1	9,1
Bh-T	Bs	$\ln(hc) = 2,44747 - 13,2179*1/d$	30,8	30,3	0,45	0,36	1,50	69,0
Bh-T	Bs	$hc = 1,20939*d^0,512381$ $\ln(hc) = 0,190114 + 0,512381*\ln(d)$	29,1		0,46			63,7
Bs-T	Ra	$hc = -1,3678 - 0,0031675*g + 0,399494*d$	62,2	61,8	2,53	2,00	1,4	160,2
Bs-T	Ra	$\ln(hc) = 2,92497 - 24,2082*1/d$	61,4	61,3	0,38	0,30	1,5	315,6
Bs-T	Ra	$hc = 0,310455*d^0,937402$ $\ln(hc) = -1,16972 + 0,937402*\ln(d)$	56,0	55,8	0,41	0,32	1,5	254,4
Bs-T	Bs	$hc=\exp(2,95398-23,6384/d)$	59,6	59,4	2,59	2,20	1,5	

Los modelos que describen la altura comercial en el bosque húmedo tienen muy baja correlación en las dos coberturas; en el bosque seco mejora el ajuste, lo que puede ser ocasionado por la mayor ocurrencia de eventos físicos que afecten la altura comercial en la zona de los bosques húmedos tropicales.



Debido a la variabilidad encontrada, común en los bosques naturales, se asociaron las especies en tres grupos teniendo en cuenta su morfología, con base en el tipo de crecimiento en altura y la extensión de su copa. De acuerdo con Acosta y otros (2002), los modelos alométricos usualmente se generan por especie, pero es posible que varias especies que crecen en un mismo tipo de vegetación, presenten un patrón morfológico de crecimiento semejante, lo cual permite utilizar el mismo modelo alométrico.

En el grupo 1 se ubicaron especies con amplios diámetros normales y diámetros de copa, aún en condiciones de competencia por la luz; en el grupo 2 las especies que tienen mayor crecimiento en altura con relación al del diámetro; y en el grupo 3 se reunieron las especies con bajo porte, que en general tienen menor crecimiento en altura y diámetro que las especies de los otros grupos; algunas de ellas presentan varios tallos o ramificación a muy baja altura, y varias de hábito arbustivo.

Con base en lo anterior, los individuos medidos conformaron los grupos así: en el grupo 1, 173 individuos de 12 especies; en el grupo 2, 416 individuos de 49 especies y en el grupo 3, 108 individuos de 21 especies. En la Tabla 4.10 se presentan los tres grupos, las especies que los integran y el número de individuos por especie.

**Tabla 4.10. Especies de cada grupo y número de individuos por especie**

Especie	Grupo		
	1	2	3
<i>Bursera simarouba</i>	53		
<i>Hura crepitans</i>	42		
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	35		
<i>Samanea saman</i>	14		
<i>Ficus sp. 1</i>	10		
<i>Pseudobombax septenatum</i>	8		
<i>Pachira quinnata</i>	3		
<i>Ceiba pentandra</i>	2		
<i>Hymenaea courbaril</i>	2		
<i>Zanyhoxilum cf. Macrospermun</i>	2		
<i>cf. Pachira</i>	1		
<i>icus insipida</i>	1		
<i>Spondias cf. Mombin</i>		55	
<i>Sciadodendron excelsum</i>		42	
<i>Astronium graveolens</i>		32	
<i>Platymiscium pinnatum</i>		30	
<i>Trichillia pallida</i>		30	
<i>Tabebuia ochracea</i>		28	
<i>Gyrocarpus americanus</i>		23	
<i>Machaerium pachiphyllum</i>		20	
<i>Solanum sp. 2</i>		17	
<i>Cochlospermun vitifolium</i>		15	
<i>Albizia carbonaria</i>		9	
<i>Bauhinia picta</i>		9	

**Tabla 4.10. Especies de cada grupo y número de individuos por especie (Continuación)**

Especie	Grupo		
	1	2	3
<i>Sorocea affinis</i>		9	
<i>Cordia panamensis</i>		7	
<i>Pouteria sp1</i>		7	
<i>Oxandra longipetala</i>		6	
<i>Platymiscium cf. Polystachium</i>		6	
<i>Casearia praecox</i>		5	
<i>Cecropia peltata</i>		5	
<i>Ampelocera sp</i>		4	
<i>Brosimum alicastrum</i>		4	
<i>Centrolobium paraense</i>		4	
<i>Ocotea sp.</i>		4	
<i>Triplaris cf. Americana</i>		4	
<i>Amyris pinnata</i>		3	
<i>Aspidosperma sp.</i>		3	
<i>Coccoloba padiformis</i>		3	
<i>Leucaena leucocephala</i>		3	
<i>Pterocarpus cf. Officinalis</i>		3	
<i>cf. Trophis</i>		2	
<i>Chomelia sp</i>		2	
<i>Inga cf. Marginata</i>		2	
<i>Ochroma pyramidale</i>		2	
<i>Randia armata</i>		2	
<i>Zuelania guidonia</i>		2	
<i>Albizia cf. Colombiana</i>		1	
<i>Annona purpurea</i>		1	
<i>Cedrela odorata</i>		1	
<i>Coursetia caribea</i>		1	
<i>Guetarda sp1</i>		1	
<i>Heliocarpus americanus</i>		1	
<i>indeterminada 7</i>		1	
<i>Jacaranda hesperia</i>		1	
<i>Machaerium cf. microphyllum</i>		1	
<i>Myriocarpa sp</i>		1	
<i>Quararibea sp.</i>		1	
<i>Sapindus saponaria</i>		1	
<i>Terminalia sp.</i>		1	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>		1	
<i>Guazuma ulmifolia</i>			36
<i>Simira cordifolia</i>			20
<i>Bursera tomentosa</i>			6
<i>Cnidosculus urens</i>			6
<i>Phyllanthus botrianthus</i>			6

**Tabla 4.10. Especies de cada grupo y número de individuos por especie. (Continuación)**

Especie	Grupo		
	1	2	3
<i>Pisonia sp</i>			5
<i>Acacia farnesiana</i>			3
<i>Aphelandra cf. pharangophylla</i>			3
<i>Bursera graveolens</i>			3
<i>Rollinia cf. membranacea</i>			3
<i>Calypttranthes cf. multiflora</i>			2
<i>Grias sp.</i>			2
<i>Guapira costaricana</i>			2
<i>Guetarda cf. eliadis</i>			2
<i>Pittoniotis sp</i>			2
<i>Stemmadenia grandiflora</i>			2
<i>Byrsonima crassifolia</i>			1
<i>Capparis indica</i>			1
<i>Lonchocarpus sp.</i>			1
<i>Vasconcella cauliflora</i>			1
<i>Zanthoxylum sp. 2</i>			1
<b>Total del Grupo</b>	<b>173</b>	<b>416</b>	<b>108</b>

En la Tabla 4.11 y la Tabla 4.12 se muestran los modelos que presentaron mejor ajuste para cada grupo de especies, con la altura total y altura comercial como variables dependientes, con sus respectivos estadísticos, coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el error estándar de la estimación (EE), el valor medio absoluto del error (MAE), el coeficiente de Durbin Watson (DW) y el valor de la razón F. según la regresión aplicada.

**Tabla 4.11. Modelos con mejor ajuste para cada grupo de especies considerando la altura total (Ht) como la variable dependiente. (d, diámetro a 1,3 m de altura y g, área basal)**

Grupo	Modelo	$R^2$	$R^2$ ajust	EE	MAE	DW	F
1	$ht = 3,40166 - 0,00276073 * g + 0,411206 * d$	59,2	58,8	3,7	2,9	1,6	135,0
1	$ht = 9,52301 + 0,00471527 * g - 3,416E-7 * g^2$	58,6	58,2	3,7	2,9	1,7	130,3
2	$ht = 4,21217 + 0,521355 * d - 0,00397786 * d^2$	45,5	45,2	3,8	2,99	1,94	167,2
2	$ht = 4,04166 - 0,00525163 * g + 0,539758 * d$	45,1	44,9	4,0	3,1	0,9	185,8
2	$ht = -7,20856 + 6,85684 * \log(d)$	44,0	43,9	3,86	3,02	1,88	316,1
3	$ht = 1 / (0,0587255 + 0,63163 / d)$	64,5		0,03			185,3
3	$ht = 1 / (0,0915072 + 1,36998 / g)$	56,6	56,6	0,03			127,1
3	$ht = 1 / (0,0631826 + 0,627677 * 1 / d)$	54,2	53,7	0,04	0,03	2,12	125,3

**Tabla 4.12. Modelos con mejor ajuste para cada grupo de especies considerando la altura comercial (Hc) como la variable dependiente. (d, diámetro a 1,3 m de altura y g, área basal)**

Grupo	Modelo	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajus	EE	MAE	DW	F
1	$\ln(hc) = 2,60067 - 17,8507 \cdot 1/d$	41,7	41,3	0,37	0,29	1,43	113,6
1	$hc = \exp(2,5788 - 17,1343/d)$	41,0		0,37			111,1
1	$hc = \exp(2,59369 - 16,3619/d)$	39,0	38,6	2,53	2,28	1,38	
2	$hc = -1,78398 + 1,83642 \cdot (d)0,5$	44,5		2,50			304,2
2	$hc = -7,07301 + 4,58976 \cdot \log(d)$	44,0	43,9	2,52	2,01	1,66	298,6
3	$hc = 10,6922 - 0,575855 \cdot d + 0,0144311 \cdot d^2$	38,4	35,3	2,12	1,69	1,37	12,2
3	$hc = 5,9482 - 0,00378409 \cdot g + 0,00000604147 \cdot g^2$	35,6	32,3	2,17	1,73	1,41	10,8

En términos generales la evaluación de modelos bajo el criterio de grupos de especies dio mejor ajuste para los grupos 1 y 3. El grupo 2 con mayor número y diversidad de especies no encontró buena correlación sobre todo con la altura total como variable dependiente, mientras que con la altura comercial si obtuvo mejor ajuste que los demás grupos.

#### 4.1.1.12 Índice de Valor de Importancia IVI

A continuación se presentan los resultados del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las coberturas muestreadas (bosque secundario, rastrojo alto y rastrojo bajo), localizadas dentro de las dos zonas de vida presentes en el área de estudio (bh-T y bs-T); el IVI explica la estructura horizontal de la vegetación y aporta herramientas para evaluar el proceso de sucesión vegetal. En los bosques y rastrojos altos, el IVI se calculó para dos categorías: los individuos mayores de 10 cm de DAP, que representan el estrato arbóreo de la cobertura; y los individuos entre 2,5 a 10 cm de DAP, que corresponden al estrato inferior o sotobosque.

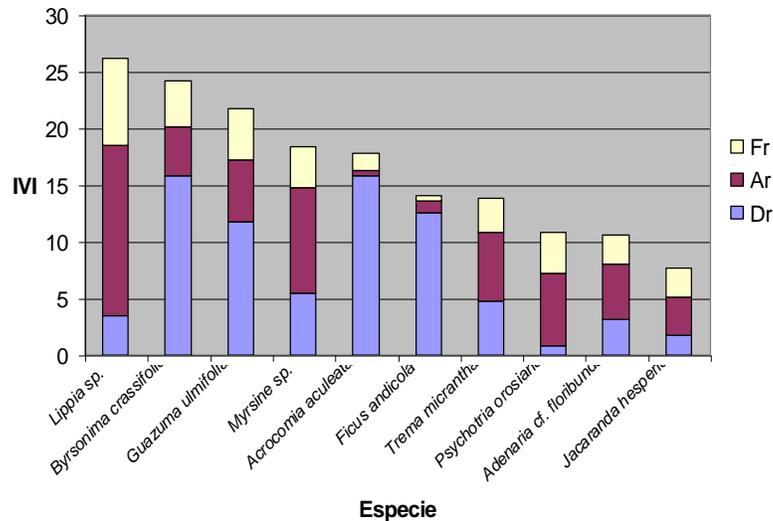
En los rastrojos bajos, se calculó el IVI para todos los individuos mayores de 1,3 m de altura, independiente de su diámetro. Las tablas que muestran los resultados de este índice y sus variables para cada estrato y cobertura tratadas se presentan en el (Anexo 4.2.).

#### • IVI Bosque húmedo tropical

##### - Rastrojo Bajo

Como se puede observar en la Figura 4.9, la especie con mayor IVI en esta cobertura es *Lippia* sp. (saca ojos), un arbusto muy abundante en esta zona, el cual tiende a formar poblaciones apiñadas, demostrando la tendencia típica de muchas especies en los estadios iniciales de la sucesión natural.

**Figura 4.9: Distribución del IVI para las especies del Rastrojo Bajo en bh-T**



Otras dos especie importantes en el muestreo son *Byrsonima crassifolia* (noro) y *Acrocomia aculeata* (palma corozo), ellas son las que presentan mayor acumulación de biomasa, representadas principalmente por individuos adultos, muchos de los cuales presentan señales de incendios sobre sus tallos y ramas, indicando que estos árboles proceden de sucesiones vegetales del pasado. También es importante en esta comunidad la especie *Guazuma ulmifolia* (guazimo), un árbol de rápido crecimiento que posteriormente alcanzan su mayor importancia en sucesiones boscosas, a este se suman otros árboles pineros como *Trema micrantha* (surrumbo) y *Jacaranda hesperia* (Gualanday) ecológicamente importantes porque aumentan la oferta de nichos en estas comunidades tempranas.

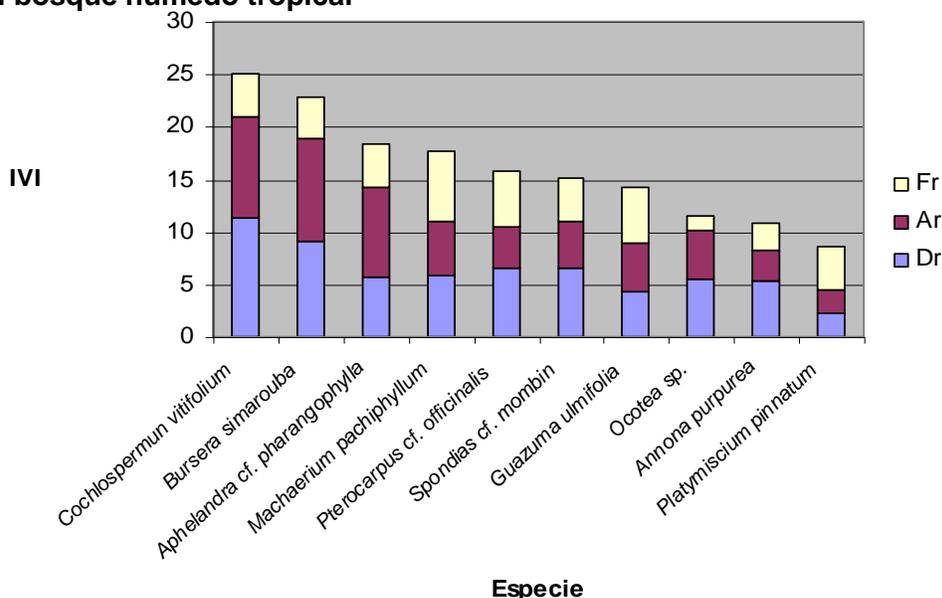
Al comparar de forma general el resultado del IVI de los rastrojos bajos entre de la zona húmeda y la seca, Figura 4.9 y Figura 4.14 respectivamente, se observa que la variación del índice en la zona húmeda es menor, esto indica que esta comunidad presenta una mayor equidad de las especies en su estructura horizontal.

#### - Rastrojo Alto (estrato arbustivo o sotobosque)

En el rastrojo alto de la región húmeda, se comienza a diferenciar dos estratos de vegetación, cada uno con especies características; la estratificación se genera a partir de la variación de factores ambientales y físicos, como la luz, la disponibilidad de nutrientes y la fisiografía; además, en la dinámica sucesional de la región influye considerable las perturbaciones antrópicas como talas, quemas.

En general, en el estrato inferior del rastrojo alto, las especies arbóreas son las que presentan mayor valor del IVI (véase la Figura 4.10); se da el caso de *Cochlospermum vitifolium* (algodoncillo), la cual presenta la mayor dominancia y es la más abundante en la comunidad.

**Figura 4.10 Distribución del IVI para las especies del estrato arbustivo del Rastrojo alto en el bosque húmedo tropical**



Estos árboles están representados generalmente por individuos en estadios juveniles, que a futuro se consolidarán en los bosques secundarios de la región, al igual que *Bursera simarouba* (resbala monos o carate), *Machaerium pachiphyllum* (siete cueros), *Pterocarpus officinalis* (totumito) y *Spondias cf. mombin* (hobo). Es importante anotar que la mayoría de estas especies tienden a localizar sus poblaciones en las áreas de posición fisiográfica de mayor pendiente. En este estrato también es importante el arbusto *Aphelandra cf. Pharangophylla*, que por su abundancia y distribución ratifica la estratificación del rastrojo alto.

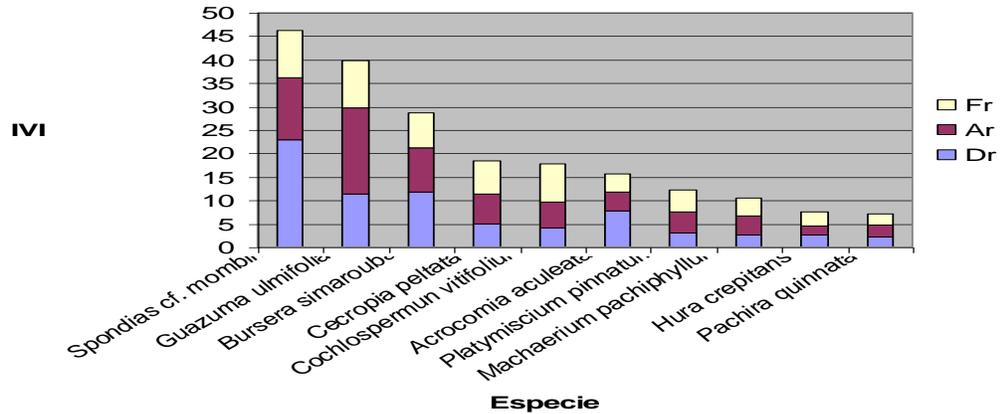
En el Anexo 4.3 se presentan los valores del IVI y de sus componentes en porcentaje, para las comunidades vegetales entre 2.5 cm y 10 cm de DAP.

#### - Rastrojo Alto (estrato arbóreo o dosel)

La especie más importante del componente arbóreo del rastrojo alto es *Spondias cf. mombin*, que presenta la mayor dominancia del muestreo y una de las abundantes de la cobertura, como se puede observar en la Figura 4.11. Comparando con los resultados obtenidos en los otros tipos de cobertura, se observa cómo esta especie aumenta sus valores de IVI a medida que la sucesión vegetal avanza, y llega a ser una de las especies importantes en el estrato arbóreo del bosque secundario; un patrón similar lo presentan *Guazuma ulmifolia* (guazimo) y *Bursera simarouba* (resbala monos o carate); es aquí donde estas tres especies logran su mayor valor de IVI de toda la sucesión vegetal, indicando que la estructura de sus poblaciones presenta continuidad y están bien definidas.

Otro hecho importante es que en este estrato se observa el rango más amplio de variación del IVI de toda la sucesión, indicando que se está ante una comunidad típica dominada por unas pocas especies pioneras.

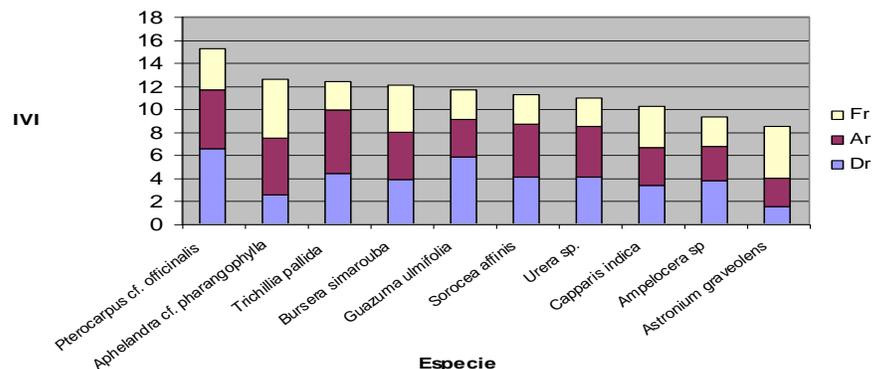
**Figura 4.11. Distribución del IVI para las especies del estrato arbóreo del Rastrojo alto en el bosque húmedo tropical**



**- Bosque secundario (estrato arbustivo o sotobosque)**

El IVI de este estrato del bosque secundario muestra un estrecho margen de variación, lo que indica una alta heterogeneidad de la comunidad vegetal, lo cual combinado con factores como la fisiografía de la zona y las diferencias en microclimas genera variedad de ambientes al interior del sotobosque. Como se puede observar en la Figura 4.12, la especie más importante en el sotobosque es *Pterocarpus cf. Officinalis* (totumito), que presenta la mayor dominancia y está representada por individuos en estadios intermedios. Otras especies de árboles con individuos en estadios juveniles son *Trichillia cf. pallida* (tautano), *Bursera simarouba* y *Guazuma ulmifolia*; y algunas especies arbustivas como *Aphelandra cf. Pharangophylla*, *Urera sp.* y *Capparis indica*.

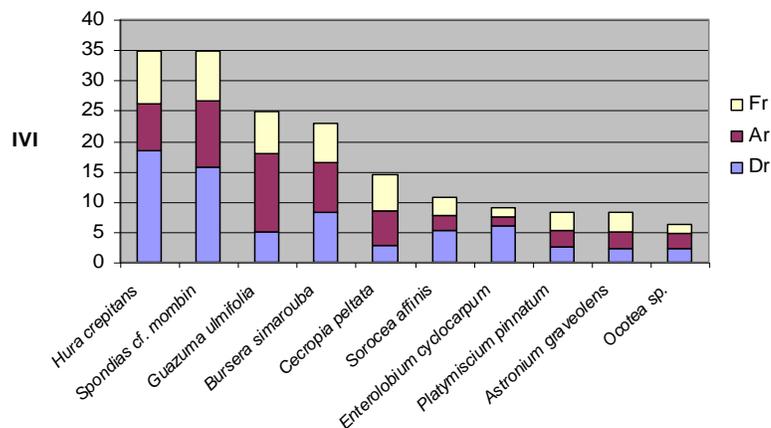
**Figura 4.12. Distribución del IVI para las especies del estrato arbustivo del bosque secundario en el bosque húmedo tropical**



### - Bosque secundario (estrato arbóreo o dosel)

Este estrato del bosque secundario presenta una alta variación en el IVI, indicando una heterogeneidad baja; en esta cobertura, *Hura crepitans* (ceibón) y *Spondias mombin* (hobo) son las especies con mayor IVI (véase la Figura 4.13), siendo la dominancia y la frecuencia las variables determinantes del índice. Además, se presenta el caso de *Guazuma ulmifolia*, que es la especie con mayor número de árboles.

**Figura 4.13 Distribución del IVI para las especies del estrato arbóreo del bosque secundario en el bosque húmedo tropical**



Las tres especies anteriores, sumadas a *Bursera simarouba*, acumulan la tercera parte del valor total del IVI en el dosel del bosque, indicando que son poblaciones con una alta dinámica ecológica.

### • IVI Bosque Seco Tropical

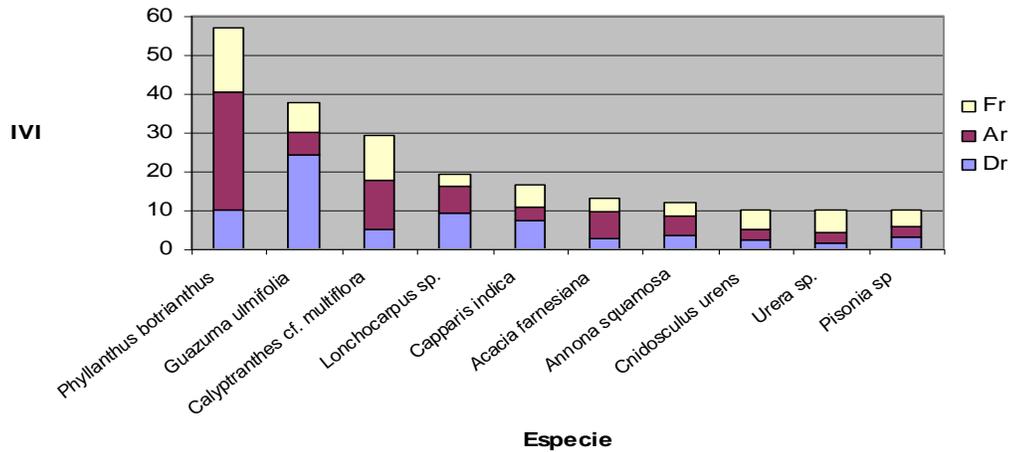
#### - Rastrojo bajo

Las áreas donde se han dado eventos de perturbaciones en el suelo, ofrecen generalmente condiciones extremas caracterizadas por baja cobertura, alta insolación, baja humedad disponible, entre otras, y típicamente son colonizadas por especies conocidas como pioneras, que forman poblaciones muy numerosas, de crecimiento rápido, ciclo de vida corto y baja acumulación de biomasa.

La comunidad de rastrojo bajo del bosque seco se caracteriza por presentar especies de hábito arbustivo, siendo la más importante *Phyllanthus botriathus* (véase la Figura 4.14), que se distribuye ampliamente a lo largo de la cobertura, con una población muy densa; lo cual sugiere que las perturbaciones del sitio pueden tener un origen y duración similar.

También se presenta la especie arbórea *G. ulmifolia*; compuesta por individuos antiguos, que se han reproducido y aportan material que enriquece y diversifica las nuevas etapas sucesionales de la comunidad.

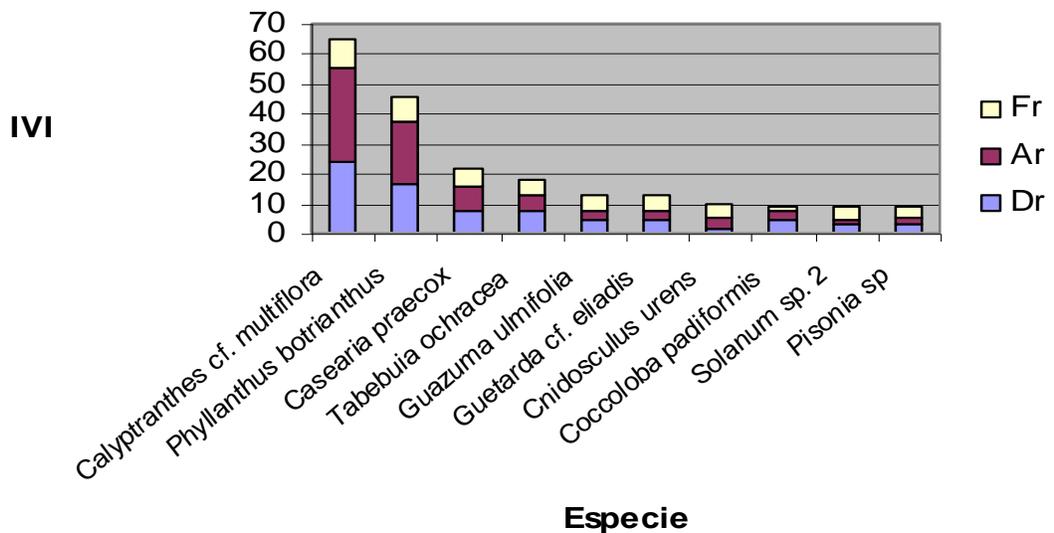
**Figura 4.14. Distribución del IVI para las especies del Rastrojo Bajo en el Bosque seco tropical**



**- Rastrojo Alto (estrato arbustivo o sotobosque)**

En esta cobertura, donde el IVI es ampliamente variable, especies arbustivas como *Calypttranthes cf. Multiflora* (hoja menuda), *Phyllanthus botrianthus* (huesito colorado), *Casearia praecox* (huesito blanco) y *Tabebuia ochracea*, presentan los valores mayores, como se puede observar en la Figura 4.15. Entre ellas acumulan la mitad del IVI; la otra mitad lo comparten las 37 especies restantes del estrato.

**Figura 4.15 Distribución del IVI para las especies del estrato arbustivo del Rastrojo alto en el Bosque seco tropical**



En general, la abundancia de las especies arbustivas es la que contribuye a consolidar la estratificación del rastrojo alto en esta zona de vida; también se observa que a partir de este estrato, especies de árboles en estadios de madures intermedio como *T. ochracea* y *G. ulmifolia* comienzan a tomar importancia, para consolidarse luego en estadios avanzados de la sucesión natural.

**- Rastrojo Alto (estrato arbóreo o dosel)**

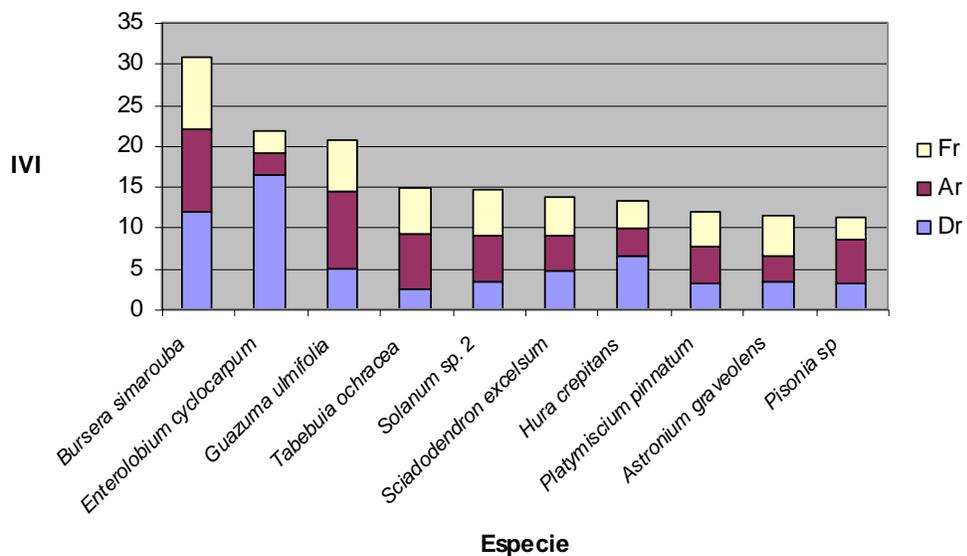
En esta categoría, tres especies de árboles, *Bursera simarouba*, *Enterolobium cyclocarpum* (Piñón) y *Guazuma ulmifolia* tienen los mayores de IVI, y entre ellas suman la cuarta parte del total de IVI. Se destaca que *E. cyclocarpum* presenta la mayor dominancia, mientras que *G. ulmifolia* es de las especies mas abundantes del muestreo (véase la Figura 4.16).

La especie con el cuarto mayor IVI, *Tabebuia ochracea* (acán), es un árbol que caracteriza los rastrojos altos del bosque seco en esta región, donde sus poblaciones alcanzan su mayor importancia. En general, el rastrojo alto presenta mayor heterogeneidad con respecto al rastrojo bajo.

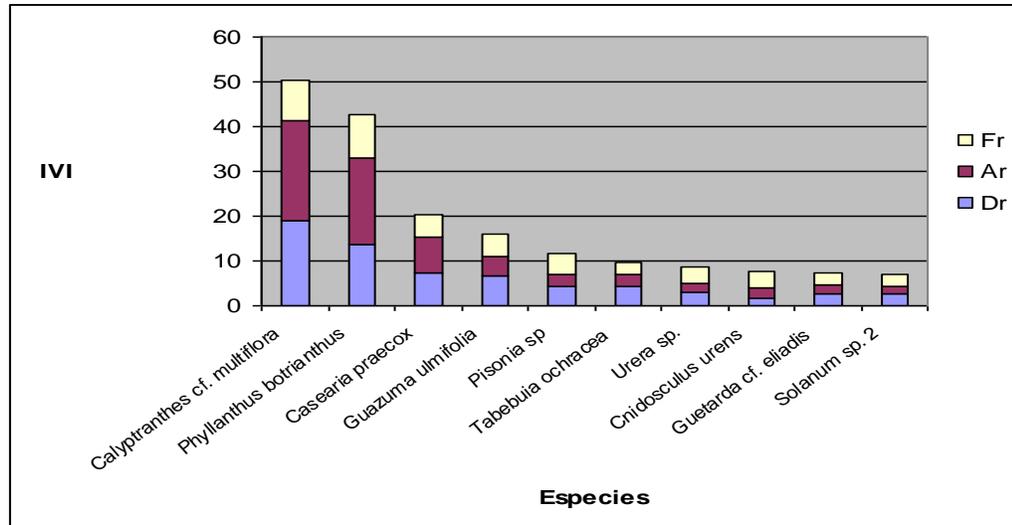
**- Bosque Secundario (estrato inferior o sotobosque)**

Este estrato del bosque presenta una alta similitud con el sotobosque del rastrojo alto; se observa una tendencia, donde la participación de estadios juveniles de las especies arbóreas es escasa. Las especies más importantes del IVI son *Calypttranthes cf. Multiflora* y *Phyllanthus botrianthus* (véase la Figura 4.17), que concentran casi la tercera parte del IVI.

**Figura 4.16 Distribución del IVI para las especies del estrato arbóreo del Rastrojo alto en el bosque seco tropical**



**Figura 4.17. Distribución del IVI para las especies del estrato arbustivo del bosque secundario en el Bosque seco tropical.**

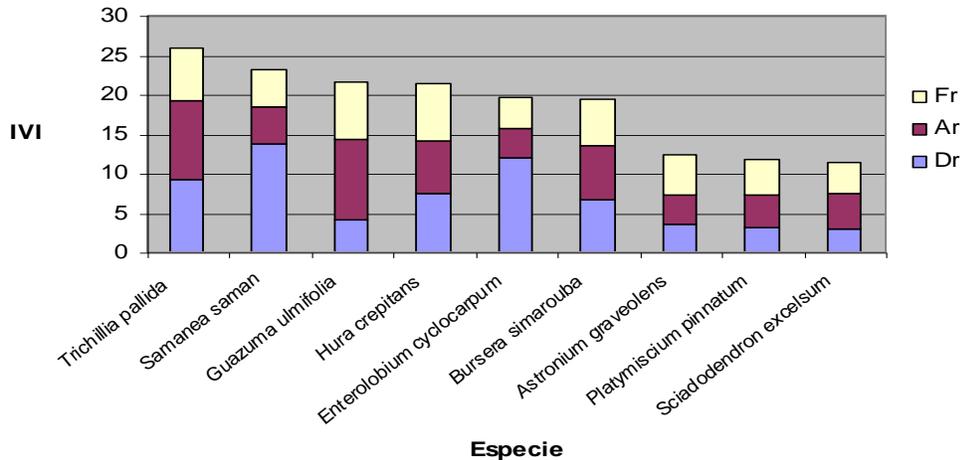


Se observa que el sotobosque presenta valores reducidos de frecuencia, que indica poblaciones con una distribución apiñada o en parches, posiblemente determinada por algún factor localizado (fisiográfico o microclimático) o por la concentración de los propágulos en áreas reducidas (alrededor del árbol progenitor, o en sitios determinados por los dispersores naturales, en el caso de especies dispersadas).

#### - Bosque Secundario (estrato superior o dosel)

La variación del IVI en este estrato del bosque es baja; las diez primeras especies alcanzan la mitad de valor total del IVI (una proporción baja, comparada con las coberturas analizadas en la región), lo que indica una alta heterogeneidad de la comunidad en términos de una alta disponibilidad de nichos ecológicos, donde las especies del dosel tienden a competir por los recursos. La especie más importante del dosel es *Trichillia pallida* (tabutano), que muestra la composición más regular de las variables utilizadas para el cálculo del IVI, como se puede observar en la Figura 4.18.

**Figura 4.18. Distribución del IVI para las especies del estrato arbóreo del bosque secundario en el Bosque seco tropical**



La especie *Samanea saman* (pino playero) es la de mayor dominancia, presentando unos pocos individuos adultos que acumulan alta cantidad de biomasa, y que, como su nombre lo indica, se localizan a orillas de cursos de agua. La otra especie importante es *G. ulmifolia*, que presenta muchos individuos en estadios intermedios.

#### 4.1.1.13 Regeneración natural

De acuerdo con los registros disponibles de las coberturas muestreadas, los cuales se presentan en la Tabla 4.13, se observa que en ambas zonas de vida la especie con mayor abundancia en la regeneración es *Hura crepitans*.

En particular, de 24 especies registradas en el Bosque húmedo, 14 son de hábito arbóreo, 8 son arbustos y dos escandentes leñosas, mientras que en el bosque seco se registraron 28 especies, de las cuales 16 son árboles y el resto son arbustos. En general se observa una regeneración baja, que posiblemente se deba a las perturbaciones causadas por la ganadería en el interior de los bosques y rastrojos muestreados. En el Anexo 4.4 se presentan los registros de campo sobre presencia de regeneración en las diferentes coberturas para ambas zonas de vida.

**Tabla 4.13 Distribución del porcentaje de especies con regeneración natural en las zonas de vida muestreadas.**

Bosque húmedo tropical		Bosque seco tropical	
Especie	% Abundancia	Especie	% Abundancia
<i>Hura crepitans</i>	9,7	<i>Hura crepitans</i>	12,31
<i>Aphelandra cf. pharangophylla</i>	6,5	<i>Calyptanthes cf. multiflora</i>	10,77
<i>Bauhinia picta</i>	6,5	<i>Tabebuia ochracea</i>	9,23
<i>Capparis indica</i>	6,5	<i>Aphelandra cf. pharangophylla</i>	7,69
<i>Ocotea sp.</i>	6,5	<i>Crataeva tapia</i>	4,62
<i>Spondias cf. mombin</i>	6,5	<i>Platymiscium pinnatum</i>	4,62
<i>Ampelocera sp</i>	3,2	<i>Simira cordifolia</i>	4,62
<i>Astronium graveolens</i>	3,2	<i>Sorocea affinis</i>	4,62
<i>Chrysophyllum cf argenteum</i>	3,2	<i>Aspidosperma sp.</i>	3,08
<i>Cratva tapia</i>	3,2	<i>Capparis indica</i>	3,08
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	3,2	<i>Guetarda cf eliadis</i>	3,08
<i>Genipa americana</i>	3,2	<i>Macherium pachiphyllum</i>	3,08
<i>Grias sp.</i>	3,2	<i>Piper arboretum</i>	3,08
<i>Loganiaceae</i>	3,2	<i>Senna sp. 2</i>	3,08
<i>Macherium moritzianum</i>	3,2	<i>Urera sp.</i>	3,08
<i>Neea sp</i>	3,2	<i>Bahunia picta</i>	1,54
<i>Paullinia turbacensis</i>	3,2	<i>Bursera simarouba</i>	1,54
<i>Platymiscium pinnatum</i>	3,2	<i>Casearia praecox</i>	1,54
<i>Pterocarpus cf. officinalis</i>	3,2	<i>Cnidoscylus urens</i>	1,54
<i>Simira cordifolia</i>	3,2	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	1,54
<i>Sloanea brevispina</i>	3,2	<i>Guazuma ulmifolia</i>	1,54
<i>Sorocea affinis</i>	3,2	<i>Piper haughtii .</i>	1,54
<i>Stemmadenia grandiflora</i>	3,2	<i>Pisonia sp</i>	1,54
<i>Trichillia pallida</i>	3,2	<i>Samanea saman</i>	1,54
		<i>Sloanea brevispina</i>	1,54
		<i>Solanum sp. 2</i>	1,54
		<i>Spondias cf. mombin</i>	1,54
		<i>Trichillia pallida</i>	1,54
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

#### 4.1.1.14 Medidas de diversidad

Los valores de diversidad obtenidos para las coberturas de bosque secundario, rastrojo alto y rastrojo bajo, en cada una de las zonas de vida que cubre el proyecto, se presentan en la Tabla 4.14.

Para cada zona de vida, los valores de riqueza y abundancia indican mayor diversidad en la cobertura de bosque secundario, presentando mayor diversidad en el bosque húmedo tropical (DMg = 17,15; H' = 3,75). En rastrojo bajo el valor más alto se presentó en el bosque seco tropical, con valores de 6,11 y 2,76 para los índices de Margalef y Shannon respectivamente.

**Tabla 4.14. Caracterización de la riqueza y diversidad de especies de árboles con DAP  $\geq$  10 cm.**

Cobertura	Riqueza			Dominancia			
	Margalef $D_{Mg}$	Shannon $H'$	Equidad $E$	Berger-Parker		Simpson	
				d	1/d	D	1/D
Bh-T							
Bosque secundario	17,15	3,75	0,480	0,11	9,17	0,041	24,12
Rastrojo alto	13,74	3,61	0,464	0,12	8,65	0,044	22,81
Rastrojo bajo	3,28	2,22	0,728	0,24	4,20	0,086	11,67
Bs-T							
Bosque secundario	11,31	3,47	0,485	0,09	10,92	0,045	22,31
Rastrojo alto	9,72	3,42	0,456	0,10	9,76	0,046	21,95
Rastrojo bajo	6,11	2,76	0,674	0,30	3,33	0,102	9,83

De acuerdo al índice de equidad ( $E$ ), los rastrojos bajos presentan mayor grado de homogeneidad de especies (0,728 y 0,674), además de presentar la mayor dominancia de especies que las otras coberturas, según valores del índice de Simpson en las dos zonas de vida (0,086 y 0,102). En comparación con el bosque secundario y rastrojo alto, el índice de Berger-Parker indica que en el rastrojo bajo está dominado por una especie en particular, y en mayor grado en el bosque seco tropical.

La variación de los índices entre coberturas de una misma zona de vida refleja el proceso de sucesión natural, desde una etapa inicial de rastrojo bajo hasta una etapa tardía de bosque secundario. Inicialmente, se encuentran algunas especies pioneras de fácil dispersión, que están adaptadas a condiciones de alta estrés hídrico y térmico por la insolación (véase numeral 4.1.1.10). Una vez que las especies de crecimiento rápido emergen y se tornan dominantes, comienzan a ejercer un efecto inhibitorio sobre los estratos vegetales más bajos. Posteriormente, con el rápido desarrollo de estas especies, el bosque adquiere altura considerable, el suelo nuevamente está protegido, la temperatura es menor y se incrementa el retorno de materia orgánica al suelo.

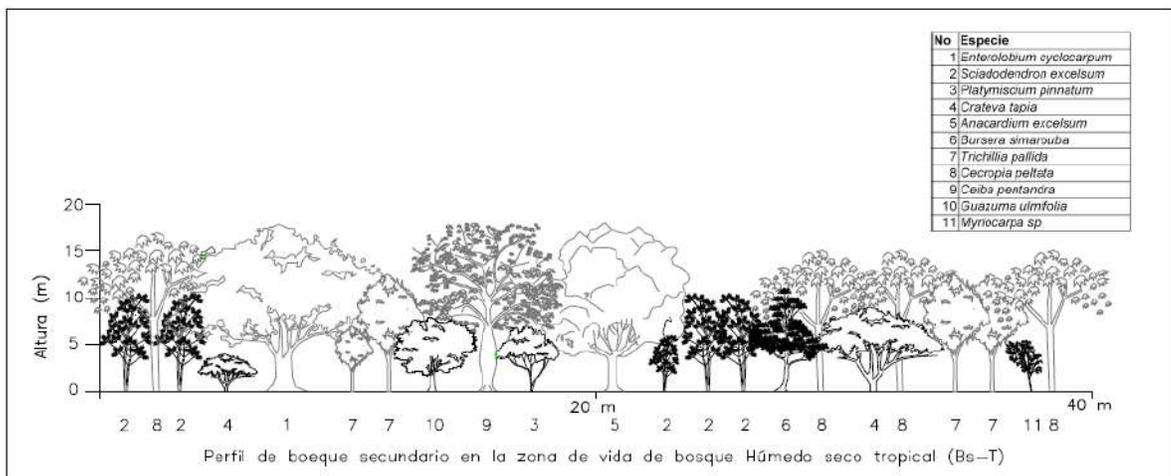
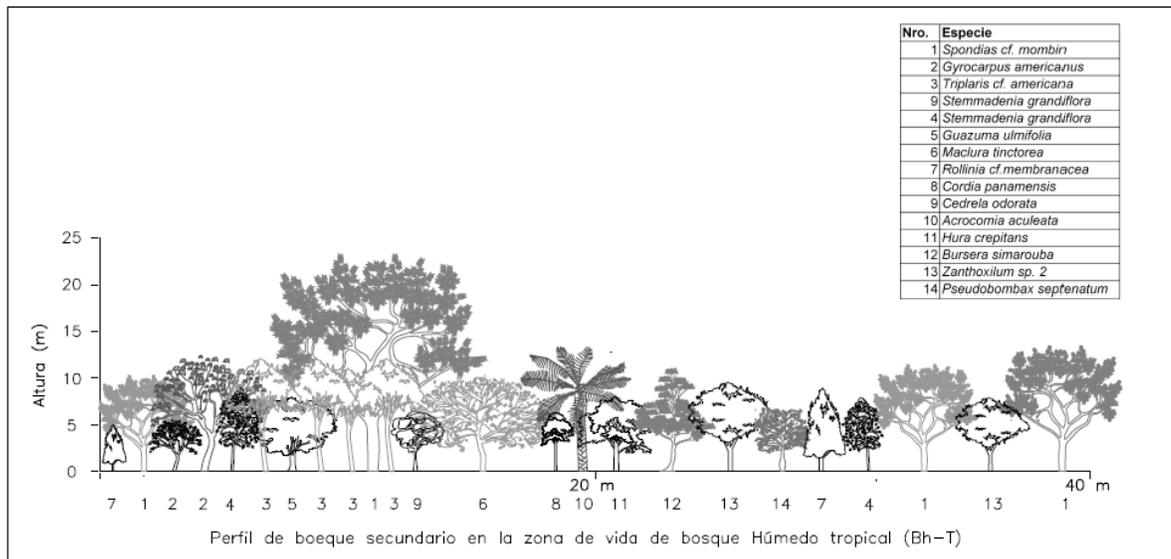
El piso del bosque está mucho más libre de competencia y el suelo ha mejorado; comienzan a establecerse nuevas especies arbóreas, que compiten menos entre sí que las pioneras y no necesitan tanta luz directa para su desarrollo. Estas especies siguen creciendo hasta el dosel superior, en donde a medida que las pioneras mueren, se posesionan del espacio y forman un dosel más alto, más denso y de mayor duración. Las especies que fácilmente dominan la comunidad pueden estar comprendidas entre las de este segundo dosel, o pueden entrar más tarde cuando el suelo se mejore aún más (Holdridge, 1982).

De acuerdo a las medidas de similitud estimadas para comparar las comunidades de bosque húmedo tropical y bosque seco tropical, se observó baja similitud entre las dos zonas de vida, como lo muestran los resultados del índice de Jaccard ( $C_j$ ) de 0,2125 y 0,35305 para el índice de Sorenson ( $C_s$ ).

#### 4.1.1.15 Perfiles típicos de los Bosques secundarios

A continuación se ilustran, de manera esquemática, los perfiles característicos de la vegetación de Bosque secundario observados en las zonas de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) y de bosque seco tropical (bs-T) en la región del proyecto.

Los perfiles se elaboraron con base en los registros de un transecto típico de 40 m de longitud, considerando solamente individuos con DAP > 10 cm. Por motivos de escala no se representan individuos de hábito escandente, a pesar de que fueron abundantes en algunos transectos del bh-T.





#### 4.1.1.16 Cuantificación de la biomasa aérea

La biomasa puede definirse como la cantidad de materia seca por unidad de superficie o cantidad de materia orgánica almacenada en el ecosistema (Colorado *et al.*, 2003). Para su estimación se empleó un método indirecto, no destructivo, convirtiendo datos del inventario forestal en valores de biomasa, mediante ecuaciones alométricas reportadas en la literatura, las cuales han sido ajustadas con base en la medición y cuantificación de árboles en diferentes tipos de cobertura, en condiciones similares a las de la zona de estudio (bosque húmedo y bosque seco tropical). Las cantidades de biomasa aérea se obtuvieron de la siguiente forma:

- **Depuración de la base de datos**

Se revisaron en cada parcela todos los diámetros ( $D > 10$  cm.) y se calculó la media de todos los diámetros y el intervalo de confianza ( $y \pm tS_y$ ) con una probabilidad del 95%; los valores por fuera de este rango se reemplazaron por el de la media de su respectiva parcela. Con base en el teorema del límite central, se determina que los diámetros por fuera del intervalo de confianza no son característicos de la población y tienen muy poca probabilidad de serlo.

- **Estimación de la biomasa**

Basados en un conjunto de ecuaciones reportadas en la literatura para cada zona (Bh-T y Bs-T), se estimó con cada modelo la biomasa por individuo y luego por parcela con su valor medio e intervalo de confianza ( $y \pm tS_y$ ) con una probabilidad del 95%; los valores por fuera de este límite se reemplazaron por la media. A partir de estas estimaciones de biomasa por parcela se extrapolaron a valores por hectárea (t/ha).

- **Selección de valor aleatorio y análisis de grupos**

Se seleccionó un valor aleatorio de biomasa en cada intervalo de confianza con los diferentes modelos y a partir de estos valores, se realizó un análisis de grupos (*cluster tipo Ward's*) por medio del programa Statgraphics plus versión 4, con el fin de observar cuál o cuales modelos se ajustaban mejor a los datos. Este análisis indica qué porcentaje de los valores de biomasa son explicados más adecuadamente por los modelos ensayados. Con estos porcentajes y valores promedios ponderados, se estimó la biomasa aérea en cada zona de vida en el bosque secundario y el rastrojo alto.

En cada parcela se seleccionó un valor aleatorio de la biomasa aérea, incrementando la posibilidad de encontrar un valor más cercano al verdadero. Los valores de biomasa de cada parcela encontrados con base en el valor aleatorio se promedian, obteniendo así el valor final de la biomasa aérea.

- **Selección de los modelos de mejor ajuste**

Se estimaron nuevamente valores de biomasa aérea por parcela usando el diámetro cuadrático promedio ( $D_q$ ) y se compararon por medio de la suma del error medio cuadrático (SME), con los resultados aleatorios anteriormente obtenidos. Esto con el objeto de seleccionar los modelos que presentaron un mejor ajuste en el área de estudio por tener un menor SME.

El diámetro cuadrático promedio ( $D_q$ ) se obtiene mediante la expresión:



$$D_q = 2 * \left( G_n i / \pi \right)^{1/2}, \text{ donde}$$

$G_n$  : área basal promedio sobre  $n$  árboles

$i$  : número de parcela

y el error medio cuadrático (SME):

$$SME = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2, \text{ donde}$$

$Y_i$  : valor aleatorio de biomasa aérea.

$\hat{Y}_i$  : valor de biomasa aérea estimado

$i$  : numero de la parcela

## • Resultados

### - Zona de vida Bosque húmedo tropical

Se ensayaron ocho modelos para el rastrojo alto y bosque secundario, que fueron construidos en sitios de bosque húmedo tropical, en coberturas de bosque secundario y bosque primario, con registros diamétricos comprendidos en diferentes rangos. Los modelos utilizados se presentan en la Tabla 4.15. El Modelo 2 considera diferentes rangos diamétricos derivados del Modelo 1 ó ecuación general construida para los bosques primarios de la cuenca media del Río Porce; en la Tabla 4.16 se presentan las ecuaciones para cada rango del segundo modelo.

**Tabla 4.15 Características de los modelos ensayados en las dos coberturas de bosque húmedo tropical.**

No	Modelo	R <sup>2</sup>	n	Rango (cm.)	Tipo de bosque	País	Sitio	Autor
M1	$\ln(B) = -2,286 + 2,471 \ln(D)$	0,98	140	0,5 < D < 198	Bp	Colombia	Porce	Zapata et al 2003
M3	$\ln(B) = -1,81 + 2,32 \ln(D)$	0,98	92	D > 10	Bp	Costa Rica	-	Brown S. 1997
M4	$\ln(B) = -2,232 + 2,422 \ln(D)$	0,97	152	1 < D < 56	Bs	Colombia	Porce	Zapata et al 2003
M5	$B = \exp[(2,475 \ln(D) - 2,4)]$	0,97	-	H > 10 (m)	Bs	Puerto Rico	-	Scatena et al 1993
M6	$\ln(B) = -2,749 + 2,634 \ln(D)$	0,96	33	D > 4	Bs	Puerto Rico	El Verde	Crow 1980
M7	$\ln(B) = -2,134 + 2,53 \ln(D)$	-	-	5 < D < 148	general	-	-	Brown S. 1997
M8	$\ln(B) = 4,937 + 1,058 \ln(D^2)$	0,93	66	D < 10	Bs	Méjico	Los Tuxtlas	Hughes et al 1999

R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación; n= numero de árboles medidos y pesados en la construcción del modelo; D= diámetro normal (a 1,3 m de altura); Bp=Bosque primario; Bs= Bosque secundario

**Tabla 4.16. Ecuaciones de biomasa para bosque primario de la cuenca media del Río Porce por rango de diámetro (Modelo 2).**

Rango (cm.)	Modelo	n	R <sup>2</sup>
<10	$\text{Ln}(B)=-2,070+2,328\text{Ln}(D)$	56	0,952
10-40	$\text{Ln}(B)=-2,432+2,516\text{Ln}(D)$	58	0,845
40-100	$\text{Ln}(B)=-1,794+2,421\text{Ln}(D)$	19	0,098
40-200	$\text{Ln}(B)=-5,132+3,483\text{Ln}(D)$	27	0,900

n= Número de árboles medidos. R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación. D= diámetro normal (a 1,3 m de altura)

- **Bosque secundario**

En la Tabla 4.17 se presentan las cantidades de biomasa estimada, en cada una de las parcelas y el promedio de estas, en toneladas por hectárea, obtenidas luego del proceso de refinación de la base de datos en la cobertura de bosque secundario.

**Tabla 4.17 Biomasa estimada por parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el bosque secundario (Bh-T)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
10A	204,25	185,58	212,88	187,3	184,4	205,7	282,0	114,80
10AA	433,73	437,74	415,71	387,1	392,57	48,7	618,8	200,17
10B	48,09	45,98	46,32	44,7	43,34	52,8	68,6	24,68
10C	83,32	81,22	89,69	60,0	75,17	81,0	113,6	50,52
11A	123,43	126,29	131,76	137,3	113,55	108,6	179,2	76,76
11B	232,66	45,86	211,13	48,7	131,64	202,2	343,7	50,29
11C	223,82	224,48	190,66	203,9	202,82	238,2	316,2	114,36
12A	203,19	200,59	228,76	185,7	183,54	84,3	281,6	111,58
12B	168,52	145,92	151,0	134,4	33,58	129,31	205,0	79,46
12C	135,10	134,30	136,22	122,6	122,11	141,0	189,0	95,65
13B	165,34	181,34	170,68	151,1	149,35	168,3	229,1	90,86
13C	86,90	94,15	111,39	82,0	106,20	115,7	139,1	98,06
14B	401,35	401,86	395,02	361,3	363,00	430,1	566,7	197,15
14C	100,83	99,37	122,10	92,3	91,07	102,0	65,1	46,77
150A	33,64	57,64	58,14	56,1	55,57	52,6	48,5	39,69
151A	49,76	60,97	52,61	45,8	44,92	49,4	68,3	28,92
152A	342,46	334,76	301,00	259,1	265,53	312,9	477,3	124,63
153A	432,51	406,17	426,22	389,5	391,17	462,8	610,4	213,08
15B	38,80	57,81	41,04	47,8	41,29	56,8	57,3	28,66
15C	148,31	68,58	101,51	97,6	112,49	445,9	116,5	60,86
16B	350,96	386,96	335,78	328,4	317,92	415,3	520,9	161,17
16C	54,94	52,65	37,64	53,4	45,47	67,6	87,4	33,63
17A	37,06	34,60	38,23	33,1	33,69	24,3	217,8	20,85
17AA	327,47	208,56	390,89	312,4	360,67	56,2	417,8	184,69
17B	60,30	59,07	63,92	55,6	54,43	59,7	82,7	35,24
17C	51,00	48,23	55,82	47,8	47,40	49,3	72,4	32,03
18A	297,51	349,51	159,04	157,0	312,62	170,5	183,3	67,50
18B	163,70	160,94	167,32	148,4	147,36	165,7	227,0	87,47
18C	131,71	129,75	136,88	120,7	118,95	133,1	182,0	73,53



**Tabla 4.17 Biomasa estimada por parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el bosque secundario (Bh-T) (Continuación)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
19 <sup>a</sup>	317,64	319,90	295,36	284,3	281,26	325,2	448,8	149,24
19B	247,74	248,19	243,41	222,9	224,08	266,0	350,0	121,20
1 <sup>a</sup>	177,58	179,83	389,2	150,7	137,22	72,1	222,7	90,13
1B	82,61	88,70	91,8	76,7	75,22	85,3	120,5	46,69
20 <sup>a</sup>	70,43	79,72	75,5	62,2	65,99	75,1	104,3	36,56
20B	125,12	96,95	115,0	81,7	94,51	119,6	133,3	41,75
210B	441,18	460,80	381,5	406,4	383,20	379,4	509,7	183,96
21 <sup>a</sup>	131,88	164,34	138,5	130,9	120,73	150,8	189,5	63,19
23 <sup>a</sup>	303,10	304,76	294,2	271,6	274,24	329,7	430,3	144,04
24 <sup>a</sup>	80,87	81,92	84,7	75,5	73,29	76,5	115,1	51,84
25 <sup>a</sup>	45,30	47,19	45,8	40,8	40,13	40,0	63,9	27,91
26 <sup>a</sup>	42,08	41,61	83,9	34,0	33,03	38,6	53,7	29,05
27 <sup>a</sup>	241,13	257,17	185,5	162,3	101,26	254,0	208,2	63,97
27B	483,02	528,47	472,8	434,0	436,93	568,0	745,6	234,21
28B	40,67	39,71	43,5	37,6	36,70	39,8	55,6	24,33
29B	272,03	452,16	157,5	99,9	200,04	233,0	252,4	111,68
2 <sup>a</sup>	241,40	263,43	245,1	219,5	218,15	250,1	336,7	127,56
2B	354,74	568,97	334,0	175,9	383,50	614,9	483,2	245,04
30 <sup>a</sup>	217,37	274,20	167,1	115,6	149,90	103,6	444,2	53,99
30B	429,40	445,86	493,7	395,2	112,59	455,8	619,9	210,09
31 <sup>a</sup>	108,14	129,9	114,1	99,4	102,20	107,3	145,2	53,93
31B	380,27	606,55	444,5	398,8	199,96	197,1	692,6	173,23
32 <sup>a</sup>	175,97	174,86	169,2	152,1	136,57	272,8	367,6	131,78
32B	534,45	542,98	501,0	473,5	484,02	603,6	769,1	234,12
33 <sup>a</sup>	311,06	304,39	307,1	279,2	281,22	331,6	438,6	150,16
33B	141,98	141,26	142,7	128,7	128,34	148,7	198,8	73,29
34B	642,74	669,44	634,8	541,7	608,21	682,3	960,6	47,95
35B	619,38	626,30	589,9	551,6	560,70	687,7	885,8	281,56
36B	220,50	190,28	101,2	189,6	193,15	240,7	290,0	108,47
37B	115,12	120,76	124,3	106,8	103,86	111,6	156,8	70,26
38B	37,33	36,40	40,2	34,6	33,68	36,3	50,9	22,61
38C	227,89	259,49	261,8	262,4	235,67	273,4	365,2	134,20
39B	379,31	379,40	374,6	341,8	343,03	404,9	534,8	187,84
39C	69,15	68,48	71,7	62,3	64,20	72,9	96,8	24,29
3 <sup>a</sup>	112,66	117,15	73,1	26,3	33,78	112,4	138,2	21,55
3B	137,47	136,19	148,6	129,5	130,39	141,2	199,5	76,67
40B	358,64	356,17	362,8	325,7	324,13	319,8	501,0	187,90
40C	12,14	11,89	12,9	11,2	10,96	12,0	16,7	7,08
41B	391,48	391,44	364,5	255,1	379,85	410,9	585,2	215,19
41C	189,24	184,72	202,8	175,1	170,76	185,0	258,4	113,55
42B	323,84	325,10	316,0	290,7	292,97	350,3	458,8	155,86
42BB	833,60	623,32	919,4	725,0	898,99	875,9	372,5	34,42
42C	154,47	141,68	146,9	126,3	122,97	132,4	185,7	82,87
43B	287,15	285,76	288,5	260,2	259,57	301,0	402,2	148,00

**Tabla 4.17 Biomasa estimada por parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el bosque secundario (Bh-T) (Continuación)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
43C	12,99	12,74	13,7	12,0	11,73	12,9	17,9	7,50
44B	419,29	474,61	406,0	375,4	379,39	457,3	595,8	198,21
44C	101,16	98,44	106,9	93,4	91,52	99,2	137,9	59,76
45B	615,78	627,23	572,3	544,1	557,81	702,0	889,2	264,32
46B	111,92	92,09	96,2	85,2	84,24	95,0	129,3	51,14
47B	118,29	116,30	123,7	108,6	106,81	118,7	163,1	67,07
48B	124,49	622,18	140,3	114,1	141,64	150,5	206,7	64,23
4A	120,79	107,37	128,7	111,5	109,01	118,8	165,3	71,47
52C	178,06	175,08	186,2	163,5	187,58	178,7	245,5	100,90
53C	249,74	248,26	257,0	225,4	224,98	256,7	347,6	135,19
54C	87,81	90,98	73,2	54,7	79,97	53,7	126,6	38,43
56C	176,26	174,57	180,0	160,5	159,26	109,5	245,3	94,37
57C	256,07	253,86	260,6	233,0	231,39	211,7	421,7	136,02
58C	231,97	292,29	223,2	207,3	209,94	254,7	330,4	108,08
59C	134,00	133,19	135,2	121,6	121,12	139,8	187,4	69,75
5A	275,36	251,55	260,12	231,7	229,65	174,1	367,4	136,86
5B	585,61	692,86	651,86	575,5	485,46	426,8	852,2	265,84
60C	170,64	182,69	137,51	162,8	154,04	192,1	256,4	87,63
61C	214,84	212,30	220,96	196,1	194,08	219,5	298,1	12,80
6A	167,77	166,65	173,21	154,1	152,77	172,1	233,8	91,95
6B	96,36	128,94	124,61	174,6	176,99	170,8	110,5	50,34
6C	246,90	250,45	217,0	194,0	196,41	250,1	320,1	102,44
7A	317,74	309,12	307,3	285,3	277,06	327,9	436,9	157,76
7B	33,79	36,11	39,7	31,3	32,87	43,0	50,5	22,79
7C	89,29	86,98	96,3	82,8	80,56	86,6	121,6	54,43
8A	120,24	110,55	122,6	112,0	95,16	128,7	177,9	57,58
8B	749,38	79,38	1.102,5	1.011,2	1.049,90	1.287,9	96,5	279,91
8C	186,28	183,04	195,2	171,1	168,19	186,5	256,6	106,09
9A	108,89	127,20	380,2	102,0	136,63	151,0	105,4	75,26
9B	821,76	332,03	197,2	786,1	539,66	78,3	991,4	64,13
9C	47,89	46,71	51,4	44,3	43,21	46,7	65,3	28,90
<b>Promedio</b>	<b>225,11</b>	<b>224,08</b>	<b>223,18</b>	<b>199,05</b>	<b>199,9</b>	<b>221,35</b>	<b>296,89</b>	<b>99,98</b>

En la Figura 4.19 se presenta el dendrograma resultado del análisis de grupos (cluster tipo Ward's) y en la Tabla 4.18 se presentan los grupos a los que pertenecen cada uno de los modelos y el porcentaje de explicación que se da a cada grupo.

Figura 4.19 Dendrograma método Ward's distancia cuadrado euclidiano.

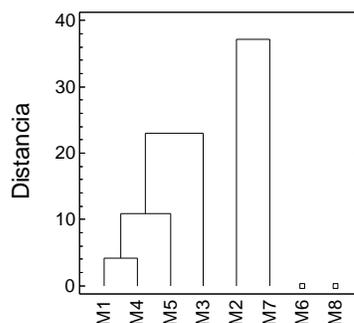


Tabla 4.18 Resultado del análisis de grupos tipo Ward's, integrantes y porcentajes asignados

Grupo	Modelo	Número de integrantes	Porcentaje
1	M1	4	50,0
	M3		
	M4		
	M5		
2	M2	2	25,0
	M7		
3	M6	1	12,5
4	M8	1	12,5

Basados en el análisis cluster, se realizó un promedio ponderado de biomasa por grupo de modelos, obteniendo el valor total mediante la suma de estos valores (véase Tabla 4.19). La biomasa total estimada para bosque secundario es de 211,19 t/ha.

Tabla 4.19 Biomasa promedio por grupo, ponderada y total, para el bosque secundario (Bh-T).

Grupo	Modelo	Biomasa t/ha	Biomasa Promedio t/ha	Porcentaje	Biomasa ponderada t/ha
1	M1	225,11	211,81	50,0	105,91
	M3	223,18			
	M4	199,05			
	M5	199,90			
2	M2	224,08	260,49	25,0	65,12
	M7	296,89			
3	M6	221,35	221,35	12,5	27,67
4	M8	99,98	99,98	12,5	12,50
<b>Biomasa total t/ha</b>					<b>211,19</b>

A partir del análisis de grupos y la comparación de los valores de biomasa con los obtenidos utilizando el diámetro cuadrático (Anexo 4.5) mediante el error medio cuadrático (SME), se observó que el mejor modelo para interpretar los resultados de la estimación de la biomasa es el Modelo 1 (véase la Tabla 4.20)

**Tabla 4.20 Sumatoria del error medio cuadrático y Biomasa estimada con cada modelo con el valor aleatorio y con el diámetro cuadrático**

Modelo	Biomasa por diámetro corregido y valor aleatorio	Biomasa por diámetro cuadrático	SME
1	225,11	203,73	710.974,92
4	199,05	184,24	955.965,36
5	199,90	182,41	1.152.975,61
3	221,35	243,02	1.643.046,42

- **Rastrojo alto**

En la Tabla 4.21 se presentan las cantidades de biomasa estimada en cada una de las parcelas y el promedio de estas, en toneladas por hectárea, obtenidas luego del proceso de refinación de la base de datos en la cobertura de rastrojo alto.

**Tabla 4.21 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bh-T).**

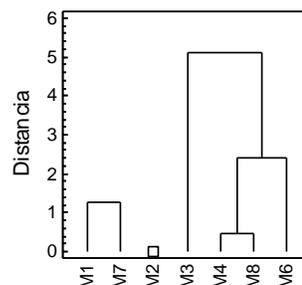
Parcela	M1	M2	M3	M4	M6	M7	M8
13A	203,5	199,1	216,4	187,8	200,6	203,5	119,9
14A	157,9	106,8	165,4	145,0	129,3	157,9	73,5
15A	19,3	64,8	20,8	17,9	18,8	19,4	11,7
16A	155,1	153,3	159,6	141,6	158,4	155,1	84,6
19C	41,6	40,4	45,0	38,6	40,1	41,6	25,6
1C	59,0	1388,2	345,3	217,7	255,2	150,3	139,2
20C	39,9	42,5	42,0	36,7	40,4	42,8	23,4
21B	30,9	34,1	39,5	32,8	36,3	37,8	20,1
21C	65,5	62,2	67,0	56,1	61,3	67,4	35,1
22B	143,0	143,1	150,0	132,8	144,7	144,0	74,4
22C	94,3	99,5	99,6	86,5	102,6	77,2	52,3
23B	127,6	125,1	134,7	117,5	126,7	127,6	73,9
23C	28,3	27,0	31,1	26,2	19,4	23,0	12,7
24B	350,7	349,2	352,0	317,7	368,0	350,7	180,3
24C	78,0	76,1	106,5	72,2	76,1	78,0	46,9
25B	45,2	42,3	46,0	42,0	46,2	46,7	24,5
25C	76,8	74,6	83,6	71,4	73,8	76,8	47,8
26B	182,1	180,1	184,9	165,4	187,9	181,9	96,9
26C	46,0	44,6	50,6	42,9	43,7	46,0	29,3
27C	149,3	146,3	157,8	137,5	148,1	149,3	86,8
28A	215,4	216,0	101,6	193,6	231,9	215,4	104,7
28C	42,4	71,2	45,2	39,2	41,6	42,4	25,2
29A	159,9	158,1	164,3	146,0	163,7	159,9	86,8

**Tabla 4.21 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bh-T). (Continuación)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M6	M7	M8
29C	26,9	32,7	28,7	26,0	22,8	34,4	26,1
2C	45,3	44,1	48,4	42,7	44,7	45,0	27,9
30C	28,3	18,2	30,9	18,1	23,7	21,8	16,9
31C	150,9	148,0	159,5	139,0	149,8	150,9	87,6
32C	97,0	95,8	102,0	89,0	97,2	97,5	55,8
33C	162,5	158,7	173,9	150,3	159,0	162,5	97,2
34A	84,7	89,8	120,8	107,9	122,0	90,7	55,6
34C	85,7	83,6	92,1	70,5	83,5	85,7	51,7
35A	84,7	83,4	87,8	77,5	85,7	84,7	47,1
35C	87,3	85,5	92,2	80,4	86,5	87,3	50,7
36A	78,7	74,9	80,6	68,4	84,3	88,0	40,2
36C	130,6	127,9	138,4	120,4	129,1	130,6	76,4
37A	109,2	106,8	116,4	100,9	107,4	109,2	64,7
37C	84,6	82,6	86,4	78,4	75,8	82,2	50,5
3C	28,4	33,7	36,6	26,2	28,8	27,5	17,4
45C	119,4	116,3	162,7	110,6	116,0	119,4	72,5
46C	26,8	264,9	28,0	24,4	26,8	26,6	15,3
47C	77,9	89,2	95,9	71,7	90,4	77,9	52,5
48C	280,1	275,2	294,0	257,5	280,0	280,1	160,1
49C	24,6	238,5	26,2	22,7	24,3	24,1	14,3
4C	141,2	140,0	143,6	128,4	146,1	141,2	74,9
50C	138,3	136,7	142,1	126,2	141,4	138,3	75,2
51C	157,7	155,0	165,3	144,9	157,9	157,7	89,8
5C	300,7	285,8	325,2	293,1	408,1	296,1	151,0
<b>Promedio</b>	<b>107,7</b>	<b>128,7</b>	<b>118,9</b>	<b>103,0</b>	<b>115,0</b>	<b>109,7</b>	<b>62,7</b>

En la Figura 4.20 se presenta el dendrograma resultado del análisis de grupos (cluster tipo Ward's) y en la Tabla 4.22 se muestran la agrupación de los modelos con su porcentaje de explicación de los datos.

**Figura 4.20 Dendrograma del análisis de grupos tipo Ward's**



**Tabla 4.22 Resultado del análisis de grupos tipo Ward's, integrantes y porcentajes asignados**

Grupo	Modelo	Número de integrantes	Porcentaje
1	M1	2	28,57
	M7		
2	M2	1	14,29
3	M3	4	57,14
	M4		
	M6		
	M8		

Basados en el análisis cluster se realizó un promedio ponderado de biomasa por grupo de modelos obteniendo el valor total mediante la suma de estos valores (véase la Tabla 4.23). La biomasa total estimada para rastrojo alto es de 101, 2 t/ha.

**Tabla 4.23 Biomasa promedio por grupo, ponderada y total en la cobertura de rastrojo alto (Bh-T).**

Grupo	Modelo	Biomasa t/ha	Biomasa promedio t/ha	Porcentaje %	Biomasa ponderada t/ha
1	M1	107,7	108,7	28,57	31,1
	M7	109,7			
2	M2	128,7	128,7	14,29	13,0
3	M3	118,9	99,9	57,14	57,1
	M4	103,0			
	M6	115,0			
	M8	62,7			
<b>Biomasa total estimada</b>					<b>101,2</b>

Al comparar los diferentes modelos por medio del error medio cuadrático (véase la Tabla 4.24), se encontró que los modelos que mejor se ajustan a los resultados de la biomasa estimada, son el modelo 8, con el menor error, seguido por el modelo 4.

**Tabla 4.24 Sumatoria del error medio cuadrático y Biomasa estimada con cada modelo con el valor aleatorio y con el diámetro cuadrático**

Modelo	Biomasa por diámetro corregido y valor aleatorio	Biomasa por diámetro cuadrático	SME
8	662,7	59,24	5.446,16
4	103,0	96,61	32.606,07
7	109,7	146,2	37.108,68
6	115,0	104,9	59.093,02

**- Zona de vida bosque seco tropical**

Para estimar la biomasa en la zona de vida bosque seco tropical se utilizaron siete modelos reportados en la literatura. El primer modelo (véase Tabla 4.25), consiste en una ecuación alométrica generada en bosques de la India, con un rango de precipitación de 900 mm a 1.500 mm. anuales (Brown, 1997).

**Tabla 4.25 Ecuación de biomasa para bosque seco en bosque de la India (Modelo 1).**

No	Modelo	Rango (cm.)	n	R <sup>2</sup>
1	$B = \exp.\{-1,996 + 2,3196 \cdot \ln(D)\}$	5 - 40	28	0,89

R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación

n= numero de árboles medidos y pesados en la construcción del modelo.

D= diámetro normal (a 1,3 m de altura)

Los otros seis modelos (véase la Tabla 4.26), son basados en datos de inventarios de 27 sitios estudiados a través de los trópicos, convertidos en biomasa aérea usando una base de datos de 2.410 árboles con diámetros normales mayores de 5 cm; los modelos fueron probados en bosques secundarios y maduros, de las zonas de vida bosque seco, bosque húmedo y bosque muy húmedo del piso basal tropical, bosque húmedo montano y manglares (Chave *et al.*, 2005). Estos modelos trabajan con el diámetro (D) y la gravedad específica o densidad de la madera ( $\rho$ ) como variables para la estimación de la biomasa.

**Tabla 4.26 Modelos para la estimación de biomasa en el bosque seco tropical**

No	Modelo	a	b	c	d	$\beta_3$	n	R <sup>2</sup>
2	$\ln(B) = a + b \ln(D) + c(\ln(D))^2 + d(\ln(D))^3 + \beta_3 \ln(\rho)$	-1,023	1,821	0,198	-0,027	0,388	402	
3	$\ln(B) = a + b \ln(D) + c(\ln(D))^2 + d(\ln(D))^3 + \beta_3 \ln(\rho)$	-1,602	2,266	0,136	-0,021	0,809	2.406	0,958
4	$\ln(B) = a + b \ln(D) + c(\ln(D))^2 + d(\ln(D))^3 + \ln(\rho)$	-0,730	1,784	0,207	-0,028		403	
5	$\ln(B) = a + b \ln(D) + c(\ln(D))^2 + d(\ln(D))^3 + \ln(\rho)$	-1,589	2,284	0,129	-0,020		2.409	0,958
6	$\ln(B) = a + b \ln(D) + \ln(\rho)$	-1,083	2,266				403	
7	$\ln(B) = a + b \ln(D) + \ln(\rho)$	-1,667	2,510				2.409	0,957

B=Biomasa aérea. D=Diámetro a 1,3 m de altura. a, b, c, d,  $\beta_3$  =Parámetros estimados.  $\rho$  = gravedad específica de la madera.

La información de la densidad se obtiene de la literatura y cuando no se dispone el dato de una especie o se desconoce su identificación taxonómica, se usan las densidades conocidas, haciendo promedios a nivel de especies, géneros afines o el del resto de las especies involucradas en el inventario; en algunos trabajos se hacen promedios regionales cuando no se dispone de información, lo cual introduce mayor error, en especial para bosques con diversidad de especies. En el Anexo 4.6 se presentan las densidades de las maderas encontradas en el inventario; si en las bases de datos consultadas se hallaban valores diferentes para una misma especie, se promediaban.

#### - Bosque secundario

En la Tabla 4.27 se presentan las cantidades de biomasa estimada, en cada una de las parcelas y el promedio de éstas, en toneladas por hectárea, obtenidas luego del proceso de refinación de la base de datos en la cobertura de rastrojo alto.



**Tabla 4.27 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el bosque secundario (Bs-T)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
59A	210,	183,6	97,81	90,2	97,4	76,7	106,9
60A	932,8	721,6	1105,03	695,6	997,0	727,0	998,7
61A	160,3	78,6	99,87	81,2	81,0	79,1	84,3
62A	121,0	158,0	107,68	82,9	91,3	77,1	85,6
63A	288,8	355,3	487,59	361,7	468,7	360,1	455,9
64A	226,3	138,3	76,21	90,1	99,7	80,8	110,1
74A	156,95	150,1	191,49	76,1	86,5	231,5	202,1
75A	69,13	442,9	592,68	471,2	544,3	458,3	526,4
76A	53,01	61,2	63,25	246,3	259,7	69,0	76,0
77A	20,3	132,9	125,55	119,1	123,2	116,3	119,5
78A	86,2	331,6	409,07	223,9	205,2	166,5	201,0
79A	803,8	333,8	466,60	331,7	442,6	332,1	432,1
80A	260,7	356,8	687,77	472,6	699,9	337,8	615,7
90A	606,7	813,6	341,45	479,7	640,0	476,5	624,9
91A	181,53	274,2	223,82	270,7	328,1	267,8	318,4
92A	123,60	183,2	349,36	185,3	215,5	178,2	204,3
93A	183,54	267,4	60,70	272,6	335,8	269,8	325,7
95A	43,63	79,2	269,97	72,0	78,6	92,3	87,1
96A	208,16	250,6	449,19	33,0	187,8	32,7	252,0
97A	311,88	411,0	453,39	408,4	653,6	346,0	577,8
98A	268,71	339,2	299,26	346,2	452,7	336,7	422,0
99A	128,57	155,5	64,46	137,7	249,5	121,1	147,1
100A	128,51	79,8	587,87	54,7	62,1	54,5	61,0
101A	69,15	411,7	145,28	350,0	413,7	334,3	370,9
66B	149,18	182,1	58,46	123,7	143,6	121,8	143,5
67B	81,81	64,6	179,88	52,5	59,5	50,4	59,1
68B	190,02	205,4	133,45	147,4	184,1	156,1	175,9
69B	169,71	142,7	48,75	106,8	120,7	105,8	103,0
70B	23,33	42,6	708,30	111,7	120,2	115,9	126,4
71B	21,29	126,7	358,65	330,8	428,9	338,2	412,7
72B	160,36	188,8	37,94	163,8	184,5	187,2	335,4
73B	53,26	61,7	262,10	41,2	40,6	40,3	76,2
74B	287,72	235,7	311,74	209,0	303,8	206,6	243,1
75B	232,42	289,8	383,31	230,5	290,2	210,2	379,0
76B	273,00	378,9	308,81	277,3	271,0	284,2	444,9
77B	199,21	274,2	394,43	286,9	306,7	280,6	308,7
78B	201,13	345,1	318,45	344,4	375,4	344,2	363,2
79B	256,29	293,5	242,15	514,7	292,6	418,5	290,5
80B	146,30	245,9	615,29	188,9	311,4	155,3	299,4
81B	249,32	316,3	639,68	169,7	228,5	172,4	223,6
82B	385,60	485,6	23,97	421,0	585,5	426,5	576,7
83A	35,22	26,0	426,34	55,7	49,8	51,3	106,2
84A	268,38	349,3	205,71	303,5	390,0	301,7	379,0
85A	199,80	213,3	176,56	134,6	170,3	133,5	165,3



**Tabla 4.27 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el bosque secundario (Bs-T) (Continuación)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
86 <sup>a</sup>	175,37	188,8	322,06	119,2	146,1	118,0	141,7
87 <sup>a</sup>	247,17	290,2	362,14	261,9	439,2	268,3	293,8
88 <sup>a</sup>	133,27	232,4	381,00	154,0	215,6	160,3	299,0
93 <sup>a</sup>	239,41	296,3	576,22	249,7	353,0	258,4	344,0
94 <sup>a</sup>	376,62	482,8	264,16	375,8	355,7	342,9	494,1
95 <sup>a</sup>	158,89	191,3	711,65	177,3	226,8	285,8	198,8
96 <sup>a</sup>	256,04	469,1	151,04	296,5	826,5	296,5	806,4
97 <sup>a</sup>	186,16	290,3	347,98	163,1	196,0	169,9	202,1
98 <sup>a</sup>	220,63	313,4	110,24	317,3	376,0	333,9	399,6
99 <sup>a</sup>	57,51	79,9	201,52	105,3	154,1	115,8	168,4
100 <sup>a</sup>	202,92	181,5	994,59	136,9	177,0	128,4	162,8
101 <sup>a</sup>	593,40	674,0	88,74	462,4	614,8	448,6	597,9
102 <sup>a</sup>	94,67	96,2	454,42	53,4	67,2	51,2	61,2
103 <sup>a</sup>	410,16	433,5	26,15	271,7	422,7	274,2	405,2
104 <sup>a</sup>	177,02	23,0	64,37	36,0	43,7	35,2	42,4
105 <sup>a</sup>	154,19	100,3	221,63	49,9	58,0	48,6	55,3
106 <sup>a</sup>	308,48	248,1	202,49	221,2	320,0	255,4	261,4
68C	326,85	70,1	123,68	81,8	107,5	173,1	101,0
69C	240,08	46,5	57,71	175,1	183,2	98,3	177,8
70C	200,79	182,3	136,84	127,7	125,0	28,5	118,9
71C	56,24	127,0	229,21	44,1	42,4	100,8	33,9
72C	101,56	38,1	137,75	87,2	118,9	218,1	115,3
73C	125,28	232,3	326,91	214,9	270,1	124,8	259,5
74C	199,02	93,6	49,50	123,4	160,1	211,9	80,7
103C	90,37	315,1	298,51	269,8	292,0	58,5	349,9
104C	287,78	119,8	262,69	59,3	54,4	157,7	54,0
105C	102,42	210,5	274,81	183,9	214,9	214,0	273,5
106C	187,71	273,6	172,91	215,8	271,8	152,2	263,8
107C	319,90	254,5	69,68	153,5	275,5	101,1	221,3
108C	155,10	208,0	56,37	106,8	130,7	67,8	132,4
109C	148,53	97,7	143,30	67,4	74,4	70,6	72,6
110C	64,05	43,8	251,60	35,4	42,4	117,5	44,5
111C	154,15	113,2	350,77	115,6	142,5	196,0	126,8
112C	74,60	473,6	116,02	185,6	306,0	222,4	155,5
128C	342,99	321,9	374,66	221,6	298,6	74,1	292,0
129C	291,61	118,5	51,98	80,5	100,9	233,2	218,2
130C	105,43	336,0	486,99	244,1	317,9	36,2	324,8
131C	306,87	41,4	51,97	19,9	31,4	239,8	22,0
130 <sup>a</sup>	32,14	374,2	230,18	292,8	686,8	146,7	350,5
131 <sup>a</sup>	386,98	62,1	91,41	56,8	48,5	157,3	51,9
132 <sup>a</sup>	40,94	316,5	117,84	194,1	393,6	179,9	440,4
150 <sup>a</sup>	254,17	61,0	420,03	167,3	213,4	154,2	89,9
151 <sup>a</sup>	100,37	216,1	222,63	149,9	141,4	204,0	208,3
130B	78,97	129,3	51,50	259,5	447,5	152,0	158,3

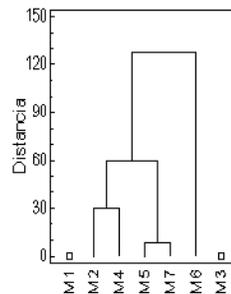


**Tabla 4.27 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el bosque secundario (Bs-T) (Continuación)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
131B	323,75	211,2	318,03	172,8	216,3	50,7	216,3
132B	247,23	57,0	240,08	53,4	60,4	162,3	55,2
133B	74,28	297,9	193,18	147,1	212,8	189,7	182,9
134B	255,02	185,4	200,31	175,2	161,6	139,9	189,9
135B	122,99	264,5	276,17	134,4	172,1	136,9	156,8
136B	172,99	186,0	342,57	127,0	171,4	233,8	169,8
137B	201,78	217,2	217,83	227,0	301,8	237,4	285,0
138B	148,36	402,5	39,15	247,4	305,9	155,2	311,6
139B	181,20	223,9	130,67	160,2	171,8	35,3	171,8
140B	150,17	54,1	339,66	31,9	63,1	114,7	34,8
141B	40,84	145,7	137,03	119,0	108,9	325,7	112,9
142B	131,96	261,6	271,68	300,1	432,1	100,2	394,2
143B	174,48	207,0	123,59	101,4	120,0	220,8	116,5
145B	165,08	206,4	158,31	223,3	265,9	110,1	258,1
146B	135,55	243,3	924,76	110,6	130,0	103,7	129,0
147B	172,14	104,2	205,90	65,7	109,5	454,7	76,7
148B	55,54	375,2	116,30	405,2	606,3	167,9	517,8
149B	570,09	197,3	159,07	165,3	204,3	110,3	190,3
150B	152,17	96,0	296,66	111,5	161,4	86,5	144,2
151B	101,19	82,8	1076,77	130,2	140,0	194,3	107,3
152B	81,15	422,8	75,69	191,7	248,3	729,5	251,3
153B	465,64	685,6	62,61	700,3	1.033,1	62,9	1.040,8
154B	516,10	80,9	60,94	65,3	71,3	45,1	68,3
155B	143,80	92,9	52,27	47,5	54,2	55,7	50,0
156B	90,95	64,9	70,56	62,8	62,7	63,8	66,1
157B	16,56	73,3	16,05	55,1	171,3	68,5	66,1
158B	123,11	94,5	327,86	153,7	73,6	77,0	62,3
159B	27,11	46,5	30,21	56,2	70,5	331,8	92,8
161B	60,01	120,2	365,23	349,1	258,6	52,5	111,0
162B	94,75	58,7	43,41	52,0	55,7	296,8	53,3
163B	53,23	429,4	864,04	228,4	546,7	256,3	281,7
164B	317,42	21,4	128,00	43,7	22,6	36,6	46,2
165B	16,16	589,3	936,06	527,5	872,6	543,3	878,5
166B	499,77	255,3	39,60	155,6	301,0	154,9	189,8
167B	170,06	656,0	495,12	732,9	1.050,4	755,4	1.051,1
168B	403,48	61,4	134,00	40,8	44,0	33,5	31,0
169B	35,16	403,5	503,28	227,1	441,1	364,5	159,3
170B	152,89	374,4	265,09	37,4	191,9	37,2	484,2
171B	288,07	407,6	774,84	438,8	227,7	395,0	221,3
172B	324,86	237,3	111,04	131,9	762,0	131,9	763,8
173B	167,08	518,3	159,53	551,4	106,1	576,5	134,5
174B	366,11	167,7		117,8	118,3	96,5	135,3
175B	78,36	128,7		163,3		146,0	
176B	88,04						
<b>Promedio</b>	<b>207,20</b>	<b>234,02</b>	<b>275,27</b>	<b>197,64</b>	<b>261,96</b>	<b>197,30</b>	<b>248,84</b>

En la Figura 4.21 y Tabla 4.28 se presenta el dendrograma, resultado del análisis de grupos (cluster tipo Ward's) que muestra la agrupación jerárquica de los modelos ensayados para la explicación de la biomasa estimada.

**Figura 4.21 Dendrograma del Análisis de grupos por el método Ward's, distancia cuadrado euclidiano**



**Tabla 4.28 Resultado del análisis de grupos tipo Ward's, integrantes y porcentajes asignados**

Grupo	Modelo	Número Integrantes	Porcentaje
1	M1	1	14,29
2	M2	5	71,43
	M4		
	M5		
	M6		
	M7		
3	M3	1	14,29

Luego de ponderar los valores de biomasa de acuerdo al porcentaje de explicación de cada modelo, se obtuvo una biomasa aérea total de 217,71 t/ha para el bosque secundario (véase la Tabla 4.29).

**Tabla 4.29 Biomasa promedio por grupo, ponderada y total en la cobertura de bosque secundario (Bs-T).**

Grupo	Modelo	Biomasa t/ha	Biomasa promedio t/ha	Porcentaje %	Biomasa onderada t/ha
1	M1	207,2	108,9	14,29	15,56
2	M2	234,02	227,95	71,43	162,82
	M4	197,64			
	M5	261,96			
	M6	197,3			
	M7	248,84			
3	M3	275,27	275,27	14,29	39,33
<b>Biomasa total estimada</b>					<b>217,71</b>

Al comparar los diferentes modelos por medio del error medio cuadrático (véase la Tabla 4.30), se encontró que los modelos que mejor se ajustan a los resultados de la biomasa estimada son el modelo 2, con el menor error, seguido por el modelo 4.

**Tabla 4.30 Sumatoria del error medio cuadrático, biomasa por el valor aleatorio y por el diámetro medio cuadrático**

Modelo	Biomasa por diámetro corregido y valor aleatorio	Biomasa por diámetro cuadrático	SME
2	207,20	271,58	4.144,88
4	197,6	195,4	214.490,7
6	197,3	204,78	628.450,5
5	262,0	357,78	182.223.975,5

- **Rastrojo alto**

En la Tabla 4.31 se muestran los valores estimados de biomasa y el promedio en el rastrojo alto en cada parcela obtenidos con los siete modelos.

**Tabla 4.31 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bs-T).**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
50A	98,3	97,25	56,1	35,0	58,0	33,02	55,62
51A	45,1	48,97	37,5	31,0	33,6	32,92	34,58
52A	56,7	56,22	100,9	126,2	141,5	124,53	138,13
53A	66,9	144,72	48,5	37,6	40,4	37,39	38,65
54A	77,0	66,35	132,8	103,9	152,4	104,97	113,37
55A	75,2	51,33	63,7	57,4	74,6	57,46	73,27
56A	56,5	67,64	58,1	51,9	55,1	51,30	53,99
57A	49,1	60,65	34,8	31,3	32,5	32,14	25,83
58A	51,8	110,47	41,1	36,3	31,7	16,59	26,30
63A	62,5	128,16	78,2	71,4	88,7	55,31	79,49
64A	101,3	38,07	96,1	92,0	147,2	103,97	114,88
67A	191,8	56,33	180,9	135,0	163,7	132,24	154,00
68A	61,4	146,19	66,0	70,8	78,9	68,51	77,02
69A	31,1	83,99	42,9	33,2	38,9	26,20	37,10
70A	106,0	29,06	89,5	99,0	110,1	95,18	104,66
71A	154,4	212,12	304,4	226,9	291,3	231,42	263,51
72A	96,3	78,20	255,7	123,4	195,5	122,08	195,22
73A	26,0	720,99	72,6	75,9	79,4	85,46	75,03
81A	55,6	116,34	95,1	77,0	95,7	75,78	78,18
82A	733,2	98,25	66,5	26,6	30,1	26,53	29,68
83A	16,3	202,75	72,7	89,5	64,0	88,56	63,88
84A	70,1	60,45	77,4	106,6	82,1	118,80	76,17
85A	67,0	122,29	73,4	64,5	61,9	55,84	58,22
86A	13,6	42,54	140,7	51,6	139,3	106,26	116,07
87A	198,2	66,68	183,2	125,9	218,7	169,51	219,55

**Tabla 4.31 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bs-T). (Continuación)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
88 <sup>a</sup>	115,4	601,93	96,8	121,4	80,1	68,79	77,97
89 <sup>a</sup>	28,2	364,36	75,5	82,9	115,7	74,18	115,33
94 <sup>a</sup>	66,0	49,07	113,6	61,0	187,5	65,38	70,08
102 <sup>a</sup>	56,7	48,75	44,7	53,3	45,9	46,48	51,86
103 <sup>a</sup>	51,3	137,30	60,6	44,3	59,7	45,49	61,85
104 <sup>a</sup>	60,9	68,58	46,0	39,7	38,1	41,64	39,35
105 <sup>a</sup>	34,8	42,31	81,8	57,1	71,4	57,06	68,79
106 <sup>a</sup>	135,5	45,88	112,6	86,7	104,1	76,41	107,02
50B	86,6	55,86	181,4	88,2	91,4	90,49	84,40
51B	81,4	79,33	83,8	73,5	78,9	66,68	81,27
52B	173,7	115,26	115,8	81,7	103,0	77,89	94,86
53B	77,9	62,97	38,8	37,7	40,6	34,96	35,86
54B	106,2	161,44	86,0	76,7	70,5	76,68	64,04
55B	135,9	202,90	247,1	211,8	244,7	207,30	233,17
56B	158,7	218,49	144,6	181,5	142,6	89,73	138,51
57B	46,8	82,60	196,8	89,6	221,9	74,91	216,27
58B	114,5	151,49	113,8	106,2	122,3	112,11	132,87
59B	31,0	80,61	59,9	40,5	48,4	34,34	38,04
60B	24,2	29,62	25,4	47,2	38,4	25,96	26,90
61B	127,8	128,31	137,8	267,9	133,8	116,11	126,51
62B	28,6	19,03	63,1	51,3	57,5	63,12	53,47
63B	325,9	733,07	288,7	164,0	1.385,5	479,49	323,57
64B	68,6	74,06	74,7	67,3	72,1	69,21	70,82
65B	251,2	387,15	423,7	532,4	640,1	379,73	665,09
89B	46,7	38,25	59,0	43,4	43,7	41,47	44,66
90B	34,9	38,52	29,0	32,9	36,2	34,70	31,92
91B	79,2	75,76	84,0	62,5	80,4	73,03	84,38
92B	59,9	88,65	91,9	34,2	62,3	36,58	64,08
108B	64,3	55,97	55,9	47,2	50,5	47,33	49,70
109B	11,9	21,77	37,1	32,3	33,1	31,98	32,88
110B	67,7	73,03	71,3	53,9	64,2	57,38	54,38
111B	15,8	20,67	97,2	88,9	94,7	88,53	93,17
112B	75,6	36,09	40,9	29,1	31,5	29,05	30,39
113B	102,7	20,86	23,7	20,3	22,8	20,74	19,69
114B	54,4	64,01	65,1	59,6	55,0	61,27	53,53
115B	46,3	21,99	88,2	87,7	87,8	87,75	88,34
116B	48,0	60,55	41,9	46,5	35,7	41,15	49,19
117B	130,9	146,19	182,5	158,4	178,6	156,83	174,21
118B	104,7	135,54	73,5	62,0	70,2	64,03	68,12
119B	110,2	113,31	103,6	84,6	100,3	82,68	89,24
120B	97,7	95,92	60,5	75,5	68,8	75,61	81,35
61C	32,2	29,50	33,5	21,0	22,4	20,56	20,72



**Tabla 4.31 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bs-T).(Continuación)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
62C	70,3	68,38	56,0	43,6	38,0	44,95	47,03
63C	5,7	32,31	24,5	22,5	22,7	21,51	23,09
64C	40,3	31,42	30,2	23,1	25,0	18,71	21,47
65C	165,5	265,46	357,7	275,6	392,6	259,10	354,60
66C	34,4	88,53	98,6	75,1	93,7	72,46	89,42
67C	142,5	144,33	205,8	171,2	179,5	157,10	169,41
76C	164,9	209,42	286,6	60,6	282,2	62,05	264,11
77C	103,8	116,61	99,7	95,0	105,9	94,12	104,75
78C	27,4	110,68	148,1	118,0	128,6	106,27	127,09
79C	92,9	77,90	78,4	66,2	74,8	67,77	72,83
80C	156,9	194,14	182,3	147,8	157,9	133,86	158,64
81C	34,4	48,01	56,6	20,7	41,7	29,50	31,11
82C	105,9	170,35	148,2	115,8	136,4	114,45	132,51
83C	11,4	77,34	94,7	84,5	81,5	75,30	82,79
84C	52,3	69,60	39,8	49,9	53,8	50,32	52,60
85C	133,2	159,92	171,5	119,1	156,2	120,06	152,59
86C	59,8	309,74	332,9	219,9	289,3	277,53	415,03
87C	360,9	232,24	199,0	143,0	146,4	243,71	154,96
88C	10,8	13,19	14,6	15,9	19,9	7,82	20,03
89C	154,1	475,61	445,7	142,9	535,6	695,36	664,11
90C	224,1	134,06	53,9	46,3	51,0	263,47	52,23
91C	298,2	157,85	232,7	147,9	223,1	126,54	201,28
92C	69,4	84,35	79,3	65,4	76,1	63,28	72,16
93C	34,7	55,53	105,4	103,5	99,0	97,81	101,24
94C	121,8	45,12	91,3	89,2	114,4	87,75	111,76
95C	68,6	91,90	48,9	65,2	45,0	65,99	43,95
96C	87,9	110,41	90,1	86,8	89,8	82,98	87,13
97C	38,8	55,30	119,6	134,1	144,4	156,22	142,62
98C	61,9	78,15	63,2	60,2	66,8	57,61	60,60
99C	151,8	148,49	88,1	80,0	86,9	77,13	85,34
100C	217,6	137,08	240,8	126,7	150,5	134,59	165,44
101C	66,5	169,11	193,4	156,6	177,1	153,07	166,83
102C	213,8	169,19	180,6	88,0	155,9	182,50	198,62
113C	29,3	68,49	153,8	30,8	36,7	30,43	170,43
114C	175,4	132,01	76,1	46,1	66,8	55,03	61,39
115C	162,2	107,88	122,9	100,3	89,5	89,91	107,69
116C	170,8	101,82	114,0	99,5	147,0	99,89	110,57
117C	189,1	193,20	125,1	116,9	145,1	278,89	181,21
118C	139,3	189,05	222,6	151,1	189,2	169,54	170,29
119C	103,3	100,85	200,0	128,2	160,2	136,51	174,35
120C	23,9	59,47	85,1	56,2	59,5	47,36	57,47
121C	22,0	28,28	66,2	51,2	53,0	52,19	54,61



**Tabla 4.31 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bs-T). (Continuación)**

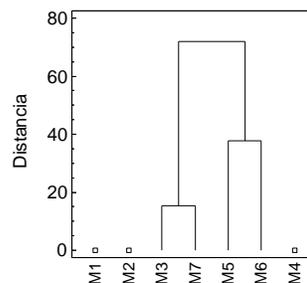
Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
122C	291,0	371,97	31,5	23,5	28,4	299,70	27,52
123C	75,3	44,94	504,3	262,0	339,9	263,45	335,93
124C	189,5	226,96	57,9	42,5	55,2	38,67	47,34
125C	174,3	220,97	164,5	136,0	228,7	156,13	212,49
126C	203,5	136,19	258,4	183,2	232,9	181,86	226,19
132C	90,6	89,83	35,0	145,1	68,1	58,70	66,43
133C	93,8	118,95	91,2	59,2	109,3	90,38	53,97
134C	13,5	21,93	100,7	80,0	79,3	67,63	88,23
135C	195,4	228,92	18,3	137,8	21,6	17,92	18,39
136C	180,1	252,00	208,9	18,9	194,2	116,95	189,16
137C	21,4	48,76	209,7	156,8	129,1	105,44	125,26
138C	18,5	209,90	60,1	77,6	49,8	48,69	50,60
139C	49,3	34,58	223,4	58,2	190,1	144,32	185,26
140C	470,4	61,32	36,7	144,6	34,5	28,39	33,06
141C	19,6	29,28	88,1	33,8	82,9	74,49	86,86
142C	80,7	32,33	1078,0	85,7	568,4	381,04	725,72
143C	42,7	44,77	33,4	457,9	50,5	42,59	29,01
144C	18,5	57,41	89,0	31,1	63,8	109,91	34,00
145C	52,9	67,45	48,3	55,5	44,9	41,11	44,09
146C	24,7	61,75	56,3	41,0	51,6	47,59	51,25
147C	375,6	37,40	27,2	46,0	21,6	18,07	22,83
148C	92,6	426,32	37,3	23,8	30,0	36,87	31,66
149C	101,4	142,15	581,0	35,7	558,9	424,58	534,01
150C	101,0	151,32	95,0	428,8	101,2	101,76	85,35
107A	63,5	45,08	48,1	105,9	164,6	48,33	151,07
108A	60,2	168,28	54,9	149,6	330,5	273,95	442,31
109A	54,6	70,60	49,6	457,3	102,6	77,00	139,51
110A	71,1	176,17	114,3	124,8	74,6	89,84	104,89
111A	32,8	131,24	160,7	84,6	134,4	108,88	132,24
112A	264,7	92,61	151,0	110,8	117,8	102,61	115,00
113A	21,6	417,96	162,7	102,1	155,9	124,90	159,75
114A	85,4	353,26	544,3	119,5	162,3	73,70	207,55
115A	99,1	29,45	448,9	76,5	458,9	309,85	430,85
127A	40,7	131,57	57,1	341,3	72,1	63,80	69,18
133A	175,6	153,14	114,0	64,3	108,7	58,16	96,05
134A	106,0	35,13	147,6	47,4	134,7	111,48	142,13
177BB	107,2	202,81	38,3	124,0	29,6	23,07	22,89
178B	33,3	183,75	233,8	22,9	231,1	182,32	224,69
179B	152,0	153,67	121,5	183,7	68,8	58,25	67,85
180B	19,9	51,13	225,5	58,1	240,0	95,59	139,25
181B	143,8	78,93	30,5	160,8	26,6	26,19	26,42
182B	81,9	13,87	115,2	39,3	107,7	99,21	108,69

**Tabla 4.31 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bs-T). (Continuación)**

Parcela	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
151C	80,9	145,90	80,1	106,2	69,5	87,67	83,97
152C	189,4	85,75	71,1	68,0	68,3	59,82	65,92
153C	22,4	136,53	68,4	143,8	69,0	61,89	72,44
154C	54,4	629,75	72,6	50,6	62,5	114,73	63,83
156C	49,5	59,06	239,3	47,1	201,4	151,42	203,61
157C	1.104,4	69,66	62,4	148,6	55,7	51,59	51,40
158C	28,3	69,04	62,6	55,2	128,2	105,07	103,74
159C	112,6	681,56	65,5	101,4	77,8	40,30	71,60
160C	51,5	35,86	1582,3	52,4	1.342,1	985,74	1.349,79
162C	60,6	79,48	33,8	1.070,9	33,9	32,90	29,49
163C	164,9	33,10	87,6	34,2	102,4	131,29	461,54
171C	27,4	77,53	50,7	81,8	47,5	54,26	60,00
172C	36,1	191,03	105,5	53,4	98,3	83,14	94,28
173C	6,9	40,09	203,3	140,8	176,3	138,84	169,91
174C	79,1	43,93	43,3	42,4	41,3	47,41	36,40
175C	67,0	84,70	47,3	43,6	40,3	43,63	34,74
176C	104,53	50,22	25,0	19,3	20,6	19,44	20,55
177C		56,35	71,5	67,1	76,2	73,37	69,15
178C			40,2	43,1	44,2	37,13	43,67
<b>Promedio</b>	<b>104,52</b>	<b>127,05</b>	<b>130,93</b>	<b>101,36</b>	<b>128,68</b>	<b>105,18</b>	<b>125,27</b>

El dendrograma resultado del análisis de grupos (cluster tipo Ward's), el cual se presenta en la Figura 4.22, muestra la agrupación jerárquica de los modelos ensayados, y en la Tabla 4.32 se muestran los grupos conformados en el análisis, el número de integrantes de cada uno y el porcentaje de interpretación

**Figura 4.22 Dendrograma del Análisis de grupos por el método Ward's, distancia cuadrado euclidiano**



**Tabla 4.32 Resultado del análisis de grupos tipo Ward's, integrantes y porcentajes asignados**

Grupo	Modelo	Número Integrantes	Porcentaje
1	M1	1	14,29
2	M2	1	14,29
3	M3	4	57,14
	M5		
	M6		
	M7		
4	M4	1	14,29

Luego de ponderar los valores de biomasa de acuerdo al porcentaje de explicación de cada modelo, se obtuvo una biomasa aérea total de 115,6 t/ha para el rastrojo alto (véase la Tabla 4.33).

**Tabla 4.33 Biomasa promedio por grupo, ponderada y total en la cobertura de rastrojo alto (Bs-T).**

Grupo	Modelo	Biomasa t/ha	Biomasa promedio t/ha	Porcentaje %	Biomasa ponderada t/ha
1	M1	104,5	104,5	14,29	14,93
2	M2	127,05	127,0	14,29	18,15
3	M3	130,93	118,29	57,14	67,59
	M5	128,7			
	M6	105,2			
	M7	125,3			
4	M4	101,4	101,4	14,29	14,49
<b>Biomasa total estimada</b>					<b>115,16</b>

Al comparar los diferentes modelos por medio del error medio cuadrático (véase la Tabla 4.34), se encontró que los modelos que mejor se ajustan a los resultados de la biomasa estimada son el mModelo 3, con el menor error, seguido por el modelo 6.

**Tabla 4.34 Sumatoria del error medio cuadrático, biomasa por el valor aleatorio y por el diámetro medio cuadrático**

Modelo	Biomasa por diámetro corregido y valor aleatorio	Biomasa por diámetro cuadrático	SME
3	131,82	169,03	1.384,8
6	108,6	108,97	770.491,4
5	129,6	97,33	1.616.911,0
7	135,2	173,58	40.984.378,6

## • Conclusiones

Las magnitudes de biomasa aérea de las coberturas forestales naturales que se reportan en diferentes países y tipos de bosque dentro de áreas localizadas en la zona de vida bosque húmedo tropical son muy variables, en función de factores como el tipo de cobertura forestal, el grado de desarrollo de la sucesión y la fisiografía. Como promedios de biomasa para los bosques tropicales del mundo se reportan diferentes magnitudes por

hectárea, como 201,109± 23,58 t/ha (Chave *et al*, 2001) y 248,311±27,515 t/ha (Benitez & Serna, 2004). Los valores estimados en las diferentes coberturas del bosque húmedo en el área de estudio se encuentran dentro estos rangos. En la Tabla 4.35 se presenta el resumen de los valores de biomasa estimados para todas las coberturas en las dos zonas de vida.

**Tabla 4.35 Valores de biomasa total para las coberturas de bosque secundario y rastrojo alto en las dos zonas de vida (Bh-T y Bs-T)**

Cobertura	Bh-T		Bs-T	
	Bsec	Ra	Bsec	Ra
Biomasa t/ha	211,19	101,2	217,71	115,16

Aunque la información sobre biomasa aérea de bosques secos en el trópico es escasa, se tienen algunos reportes de biomasa en zonas secas para bosque cerrado de 44 y 175 t/ha en bosques de la India, 97 t/ha en Gambia y 175 t/ha en Benin (Brown, 1997). Los valores estimados para las coberturas de bosque seco en este estudio son superiores a los valores reportados en la literatura y más cercanos a los valores de bosque húmedo, esto podría explicarse en cierta medida por tratarse de una zona de transición entre las dos zonas de vida, conservando algunas características del bosque húmedo, como la presencia de ciertas especies que aunque en menor densidad siguen presentándose en el bosque seco tropical.

#### **4.1.1.17 Estimación de biomasa subterránea**

En relación con la biomasa subterránea, se propone un estimativo de la biomasa de raíces gruesas y finas para las coberturas de Bosque secundario y Rastrojo alto, con base en ecuaciones desarrolladas para ecosistemas forestales tropicales de Colombia (Sierra *et al*, 2003).

Para efectos prácticos el cálculo de la biomasa radicular se divide en dos componentes: las raíces gruesas y las raíces finas, los cuales se suman para obtener la biomasa total. En cada uno de ellos se utiliza una expresión que es función de alguno de los atributos morfométricos del árbol, de fácil obtención, como son el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) y el Área basal.

La Biomasa de raíces gruesas (BRg) se estima mediante la siguiente ecuación:

$$LnBRg = -4,273 + LnD$$

donde:

BRg: Biomasa de raíces gruesas (Kg)

D: Diámetro a la altura de pecho (m)

Por otra parte, la biomasa de raíces finas se estima como:

$$MR_f = 6,998 + 0,288 * G$$

MRj: Biomasa de raíces finas (Kg)

G: Área basal (m<sup>2</sup>)

A continuación se presentan los cálculos obtenidos de biomasa subterránea por hectárea, para las distintas coberturas que serán inundadas por el embalse, así como un estimativo del total de biomasa subterránea que será afectada en cada una de las coberturas (véase la Tabla 4.36).

**Tabla 4.36. Estimativos de biomasa subterránea para la zona de embalse (Bsec: bosque secundario y Ra: rastrojo alto)**

Cobertura	Bh-T		Bs-T	
	Bsec	Ra	Bsec	Ra
Biomasa de raíces gruesas por ha (t/ha)	62,7	27,6	88,9	41,3
Biomasa de raíces finas por ha (t/ha)	3,7	3,9	3,5	3,7
Biomasa total de raíces por ha (t/ha)	66,4	31,5	92,4	45,0
Área en zona de embalse (ha)	189,8	273,2	415,7	1041,2
Total biomasa de raíces gruesas	11.900,46	7.540,32	36.959,3	43.002,4
Total biomasa de raíces finas	702,26	1.065,48	1.455,1	3.852,5
Biomasa subterránea total en embalse	12.602,72	8.605,80	38.414,4	46.854,9
<b>BIOMASA TOTAL</b>	<b>106.477,8</b>			

#### 4.1.1.18 Cuantificación de volumen

El volumen total se refiere a árboles en pie y se calculó con parámetros de diámetro y altura. Se utilizaron ecuaciones de volumen para bosque secundario, ajustada en otros estudios, para ambas zonas de vida. A partir de las alturas comerciales, se estimó el volumen comercial utilizando las mismas ecuaciones de volumen total. La estimación del volumen para el bosque húmedo tropical se realizó mediante la ecuación ajustada para bosques secundarios en San Carlos (Antioquia) por la Universidad Nacional Sede Medellín, en el campamento de 1994:

$$V = b_0 + b_1(D^2 H)$$

$$V = 0.03584 + 0.000034(D^2 H), \text{ donde}$$

- V: volumen total en (m<sup>3</sup>)
- D: diámetro (cm)
- H: altura total (m)

Para el bosque seco tropical se utilizó la ecuación de volumen ajustada mediante ecuaciones de conicidad para bosques heterogéneos en Santa Fe de Antioquia (Duque & Builes, 1986):

$$V = \frac{\pi}{40000} * H(b_0 + b_1 D - b_2 H)^2$$

$$V = \frac{\pi}{40000} * H(2.27536 + 2.735136D - 1.2849H)^2, \text{ donde}$$

- V: volumen total en (m<sup>3</sup>)
- D: diámetro (m)



- H: altura total (m)
- Valor promedio de la muestra

Con base en los registros de campo se estimó el valor promedio de volumen por hectárea para cada tipo de cobertura mediante la expresión:

$$Vp = \frac{\sum_{i=1}^n Vt_i}{n}, \text{ donde}$$

- **Vp**: volumen total promedio de la muestra (m<sup>3</sup>/ha)
- **Vt**: volumen total de cada muestra (m<sup>3</sup>/ha)
- **n**: número de parcelas
- Varianza de la muestra

Se determinó con base a los datos de volumen obtenidos para cada parcela mediante la expresión:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Vt_i - Vp)^2}{n - 1}, \text{ donde}$$

- **S<sup>2</sup>**: Varianza
- **Vt**: volumen total (m<sup>3</sup>)
- **Vp**: volumen promedio (m<sup>3</sup>)
- Desviación estándar

Representa la desviación de los volúmenes obtenidos, se determina mediante la raíz cuadrada de la varianza:

$$S = \sqrt{S^2}, \text{ donde}$$

- **S**: desviación estándar
- **S<sup>2</sup>**: Varianza
- Error de muestreo

Se estimó el error de muestreo con un probabilidad del 95% ( $\alpha=0.05$ ) mediante la ecuación:

$$E\% = \frac{S * t}{\sqrt{n} * Vp} * 100, \text{ donde}$$

- **E%**: error de muestreo en porcentaje
- **S**: desviación estándar

- $t$ : valor estadístico de  $t$  para  $(n-1)$  grados de libertad
- $n$ : número de parcelas
- $V_p$ : volumen promedio ( $m^3$ )

De acuerdo con lo establecido por los términos de referencia (Resolución 432 del 6 de junio de 2001, MAVDT) el inventario forestal de la superficie boscosa que será ocupada por el cuerpo de agua, para la franja de protección del embalse y, en general, para la superficie boscosa que requerirá ser removida por las obras y actividades del proyecto, se debe realizar “con una intensidad del 10 % para individuos fustales, 5% para latizales con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) superior a 10 cm, 2% para latizales con DAP entre 5 y 10 cm, 1% para brinzales con diámetro entre 2.5 y 5 cm y 0.5% para plantas menores de 2.5 cm de diámetro y alturas superiores a 1 m, o en su defecto, con una confiabilidad del 95% y un error de muestreo inferior al 15 % del volumen total a remover.”

Para el caso de las áreas que deben aprovecharse en el Proyecto Hidroeléctrico Ituango, se efectuó el registro y medición de todos los árboles con  $DAP > 10$  cm en 105 parcelas de Bosque secundario y 47 parcelas de Rastrojo alto del bh-T así como en 131 parcelas de Bosque secundario y 171 parcelas de Rastrojo Alto del bs-T, a partir de los cuales se obtuvo un error de muestreo inferior al 15% (véase Tabla 4.37), dando cumplimiento a lo requerido por términos de referencia citados.

#### • Resultados

Mediante el análisis estadístico de los cálculos de volumen total y comercial por parcela para árboles con DAP mayor o igual a 10 cm en todas las coberturas inventariadas, se determinó el error de muestreo y el volumen promedio por hectárea con una probabilidad del 95 %. En el Anexo 4.7 se presenta la información de sustento de los datos de campo por parcela, con las variables dendrométricas de cada individuo y sus totales por parcela y por hectárea.

En el bosque secundario del bosque húmedo tropical se obtuvo un volumen total promedio de 220,87  $m^3/ha$  y un volumen comercial de 125,51  $m^3/ha$  (véase Tabla 4.37) para una densidad de 560 árboles/ha. En la Tabla 4.38 se presenta los cálculos por parcela y por hectárea del número de árboles, volumen comercial, volumen total y área basal usados para el análisis estadístico, con un tamaño de 105 parcelas para esta cobertura.

**Tabla 4.37. Estadígrafos obtenidos para volumen total (VT) y volumen comercial (VC) en las coberturas de bosque secundario y rastrojo alto del bh-T.**

Cobertura	Bh-T			
	Bosque secundario		Rastrojo alto	
Parámetro	VT	VC	VT	VC
Volumen promedio ( $m^3/ha$ )	220,87	125,51	104,38	67,86
Varianza	20660,39	7268,72	2059,61	941,39
Desviación estándar	143,74	85,26	45,38	30,68
Intervalo de confianza	27,49	16,31	12,9	8,77
ERROR %	12,61	13,16	12,78	13,29



**Tabla 4.38. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque húmedo tropical.**

Cobertura		Bosque secundario (Bh-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
1A	15	750	1,371	68,534	6,293	314,645	0,750	37,494
2A	15	750	1,928	96,392	3,969	198,456	0,671	33,570
3A	4	200	0,286	14,304	0,483	24,130	0,074	3,683
4A	16	800	1,014	50,708	1,919	95,968	0,308	15,404
5A	18	900	2,004	100,176	4,447	222,346	0,669	33,454
6A	15	750	1,548	77,413	3,244	162,201	0,549	27,474
7A	15	750	1,783	89,153	4,198	209,892	0,748	37,396
8A	12	600	1,694	84,710	3,727	186,343	0,516	25,776
9A	6	300	1,532	76,587	3,187	159,348	0,441	22,054
10A	19	950	1,848	92,403	3,260	163,019	0,615	30,770
11A	21	1050	1,290	64,496	2,147	107,351	0,409	20,443
10AA	10	500	4,486	224,323	7,848	392,396	1,165	58,230
12A	17	850	1,567	78,328	2,755	137,761	0,583	29,131
17A	14	700	1,428	71,420	2,945	147,254	0,561	28,038
17AA	7	350	2,572	128,577	9,226	461,322	0,987	49,326
18A	7	350	1,713	85,634	3,623	181,169	0,654	32,720
19A	11	550	1,788	89,392	5,739	286,950	0,947	47,340
20A	10	500	2,086	104,293	5,408	270,413	0,625	31,257
21A	9	450	1,848	92,394	6,321	316,052	1,331	66,544
23A	9	450	2,718	135,883	4,798	239,899	0,720	36,003
24A	12	600	0,782	39,086	1,240	61,996	0,199	9,942
25A	10	500	0,912	45,594	1,473	73,660	0,224	11,192
26A	16	800	2,756	137,791	5,966	298,324	0,802	40,117
27A	7	350	1,666	83,319	2,782	139,094	0,342	17,120
30A	12	600	4,552	227,608	9,935	496,759	1,023	51,131
31A	10	500	1,370	68,477	2,207	110,366	0,357	17,851
32A	7	350	2,110	105,480	4,353	217,636	0,519	25,950
33A	12	600	3,161	158,056	5,162	258,095	0,730	36,512
1B	6	300	0,870	43,525	1,919	95,968	0,155	7,752
2B	7	350	7,028	351,401	11,860	593,015	1,606	8,833
3B	10	500	1,642	82,098	2,579	128,930	0,323	16,145
4B	11	550	1,324	66,198	1,752	87,593	0,256	12,795
5B	12	600	6,154	307,703	7,688	384,383	1,439	71,973
6B	4	200	0,712	35,602	0,856	42,788	0,173	8,632
7B	10	500	3,730	186,517	5,555	277,746	0,730	36,490
8B	4	200	1,733	86,645	2,830	141,523	0,400	20,001
9B	4	200	1,657	82,829	2,494	124,711	0,426	21,284
10B	12	600	3,993	199,648	5,261	263,026	0,691	34,567
11B	6	300	2,167	108,352	2,737	136,835	0,556	27,788



**Tabla 4.38. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque húmedo tropical. (Continuación)**

Cobertura		Bosque secundario (Bh-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
12B	13	650	1,929	96,460	3,072	153,587	0,471	23,529
13B	14	700	1,967	98,357	2,590	129,513	0,467	23,330
14B	15	750	4,571	228,558	8,282	414,079	1,074	53,703
15B	7	350	0,947	47,371	1,555	77,773	0,248	12,401
16B	13	650	3,917	195,843	5,872	293,613	0,844	42,210
17B	11	550	0,879	43,956	1,396	69,809	0,249	12,454
18B	10	500	1,166	58,306	1,713	85,654	0,346	17,302
19B	8	400	2,076	103,786	3,350	167,499	0,551	27,564
20B	6	300	1,103	55,136	1,905	95,244	0,322	16,085
27B	14	700	4,443	222,160	7,098	354,919	1,007	50,364
28B	9	450	1,712	85,598	3,382	169,116	0,431	21,531
29B	7	350	4,358	217,922	5,843	292,133	1,126	56,280
30B	7	350	5,391	269,554	8,536	426,779	1,155	57,748
31B	4	200	1,422	71,087	2,398	119,881	0,464	23,207
32B	8	400	4,098	204,908	7,490	374,501	1,004	50,203
33B	9	450	1,327	66,363	2,176	108,804	0,405	20,253
34B	12	600	7,286	364,285	10,838	541,900	1,300	64,998
35B	11	550	6,028	301,389	10,020	501,003	1,313	65,662
36B	10	500	6,818	340,921	9,202	460,121	1,298	64,888
37B	18	900	1,391	69,558	1,933	96,675	0,303	15,155
38B	10	500	0,782	39,094	1,129	56,475	0,181	9,026
39B	13	650	3,959	197,935	6,442	322,080	0,850	42,516
40B	19	950	3,875	193,731	5,565	278,265	0,887	44,356
41B	9	450	3,489	174,430	5,230	261,491	0,831	41,537
42B	9	450	2,453	122,656	4,275	213,751	0,629	31,444
42BB	7	350	2,297	114,856	13,442	672,075	1,180	58,975
43B	11	550	2,215	110,727	3,967	198,373	0,553	27,668
44B	11	550	6,644	332,212	9,729	486,450	1,081	54,046
45B	10	500	9,405	470,234	13,415	670,726	1,712	85,608
46B	12	600	2,057	102,828	2,978	148,876	0,408	20,406
47B	13	650	1,880	94,014	2,930	146,487	0,364	18,203
48B	10	500	4,384	219,183	7,783	389,152	1,146	57,278
6C	12	600	3,741	187,038	6,819	340,963	0,643	32,169
7C	15	750	1,412	70,591	9,472	473,616	0,255	12,746
8C	19	950	2,566	128,306	3,808	190,410	0,466	23,276
9C	9	450	0,769	38,457	1,175	58,754	0,159	7,957
10C	12	600	0,991	49,555	1,450	72,494	0,207	10,337
11C	11	550	1,070	53,478	1,939	96,956	0,280	13,996
12C	9	450	2,280	113,983	3,739	186,950	0,409	20,431



**Tabla 4.38. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque húmedo tropical. (Continuación)**

Cobertura		Bosque secundario (Bh-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
13C	7	350	1,014	50,715	1,062	53,108	0,234	11,675
14C	12	600	1,670	83,497	2,800	139,989	0,368	18,398
15C	12	600	3,575	178,744	6,338	316,914	0,662	33,114
16C	7	350	1,207	60,362	1,771	88,570	0,199	9,954
17C	9	450	0,648	32,382	0,982	49,085	0,149	7,435
18C	13	650	1,963	98,145	3,163	158,169	0,442	22,076
38C	14	700	2,837	141,870	4,301	215,026	0,648	32,380
39C	7	350	1,242	62,102	1,791	89,557	0,255	12,738
40C	17	850	1,868	93,383	2,900	145,018	0,441	22,066
41C	21	1050	1,848	92,385	2,674	133,687	0,381	19,070
42C	19	950	1,335	66,746	2,079	103,943	0,328	16,380
43C	14	700	1,983	99,171	2,899	144,972	0,385	19,237
44C	11	550	0,910	45,320	1,381	69,054	0,217	10,852
52C	17	850	2,040	101,988	3,059	152,960	0,456	22,805
53C	16	800	2,945	147,229	4,296	214,805	0,594	29,710
54C	9	450	1,986	99,281	3,519	175,963	0,357	17,847
55C	18	900	5,216	260,819	9,019	450,957	0,993	49,627
56C	11	550	2,777	138,856	4,656	232,791	0,509	25,437
57C	14	700	2,357	117,846	3,546	177,281	0,513	25,635
58C	9	450	4,733	236,638	7,526	376,319	0,853	42,660
59C	8	400	1,496	74,782	2,403	120,133	0,363	18,134
60C	11	550	2,985	149,265	5,317	265,875	0,599	29,955
61C	16	800	2,384	119,206	3,879	193,939	0,586	29,284
150A	8	400	1,687	84,332	2,346	117,277	0,410	20,522
151A	7	350	0,636	31,793	0,983	49,137	0,223	11,169
152A	13	650	1,366	68,279	4,262	213,114	0,718	35,925
210B	8	400	4,955	247,742	6,745	337,255	0,842	42,088
<b>Media</b>	<b>11</b>	<b>560</b>	<b>2,51</b>	<b>125,51</b>	<b>4,42</b>	<b>220,87</b>	<b>0,61</b>	<b>29,61</b>
<b>Varianza</b>	<b>16</b>	<b>39553</b>	<b>2,91</b>	<b>7268,72</b>	<b>8,26</b>	<b>20660,39</b>	<b>0,12</b>	<b>288,40</b>
<b>Desviación</b>	<b>4</b>	<b>199</b>	<b>1,71</b>	<b>85,26</b>	<b>2,87</b>	<b>143,74</b>	<b>0,35</b>	<b>16,98</b>
<b>Error %</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>13,16</b>	<b>13,16</b>	<b>12,61</b>	<b>12,61</b>	<b>11,23</b>	<b>11,11</b>



**Tabla 4.39. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque húmedo tropical.**

Cobertura		Rastrojo alto (Bh-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
13ª	20	1000	1,403	70,162	2,596	129,809	0,483	24,132
14ª	13	650	1,154	57,695	1,992	99,594	0,329	16,461
15ª	12	600	0,782	39,113	1,410	70,496	0,239	11,957
16ª	15	750	1,601	80,035	2,680	134,010	0,488	24,408
28ª	8	400	1,295	64,759	2,315	115,728	0,442	22,077
29ª	13	650	1,434	71,695	2,432	121,600	0,441	22,052
34ª	5	250	0,730	36,514	1,241	62,043	0,279	13,969
35ª	10	500	0,857	42,835	1,639	81,927	0,291	14,566
36ª	8	400	0,869	43,440	1,340	67,001	0,291	14,557
37ª	13	650	1,151	57,542	1,711	85,560	0,264	13,221
21B	9	450	0,878	43,922	1,990	99,495	0,334	16,692
22B	14	700	1,224	61,210	2,064	103,207	0,373	18,666
23B	14	700	1,271	63,566	1,716	85,791	0,311	15,570
24B	14	700	2,119	105,957	3,254	162,712	0,499	24,973
25B	18	900	3,071	153,532	4,311	215,561	0,670	33,505
26B	12	600	1,732	86,617	2,607	130,335	0,424	21,207
1C	9	450	1,824	91,203	2,673	133,674	0,409	20,430
2C	9	450	0,742	37,089	1,204	60,188	0,193	9,638
3C	12	600	2,017	100,848	2,833	141,630	0,485	24,232
4C	15	750	2,687	134,363	3,631	181,562	0,563	28,132
5C	6	300	2,733	136,660	4,290	214,486	0,417	20,859
19C	10	500	0,808	40,393	1,144	57,188	0,159	7,967
20C	7	350	1,303	65,159	1,889	94,429	0,255	12,771
21C	8	400	1,131	56,526	1,867	93,349	0,279	13,931
22C	6	300	0,963	48,143	1,493	74,660	0,245	12,238
23C	4	200	0,289	14,472	0,365	18,250	0,045	2,243
24C	11	550	1,006	50,322	1,344	67,204	0,205	10,249
25C	16	800	1,065	53,249	1,472	73,614	0,231	11,557
26C	8	400	0,469	23,432	0,653	32,674	0,100	5,013
27C	15	750	1,623	81,132	2,491	124,529	0,344	17,197
28C	8	400	0,756	37,776	1,009	50,454	0,157	7,847
29C	5	250	0,275	13,742	0,405	20,245	0,057	2,860
30C	6	300	0,583	29,144	0,628	31,418	0,152	7,620
31C	17	850	1,674	83,713	2,645	132,272	0,402	20,098
32C	15	750	1,648	82,380	2,644	132,208	0,454	22,712
33C	24	1200	1,804	90,195	2,840	142,023	0,458	22,921
34C	12	600	0,996	49,789	1,425	71,248	0,216	10,808
35C	13	650	1,408	70,424	2,088	104,407	0,294	14,679

**Tabla 4.39. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque húmedo tropical. (Continuación)**

Cobertura		Rastrojo alto (Bh-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
36C	18	900	1,749	87,440	2,668	133,417	0,379	18,943
37C	13	650	1,261	63,061	1,934	96,697	0,313	15,636
45C	18	900	1,399	69,941	2,112	105,594	0,315	15,731
46C	14	700	1,964	98,204	2,758	137,916	0,454	22,701
47C	11	550	1,066	53,289	1,463	73,133	0,250	12,484
48C	22	1100	2,191	109,552	3,565	178,227	0,544	27,184
49C	13	650	1,150	57,483	1,932	96,595	0,334	16,716
50C	12	600	1,502	75,087	2,464	123,206	0,411	20,528
51C	19	950	2,132	106,604	2,890	144,506	0,505	25,274
<b>Media</b>	<b>12</b>	<b>611</b>	<b>1,36</b>	<b>67,86</b>	<b>2,09</b>	<b>104,38</b>	<b>0,34</b>	<b>16,79</b>
<b>Varianza</b>	<b>21,17</b>	<b>52928</b>	<b>0,38</b>	<b>941,39</b>	<b>0,82</b>	<b>2059,61</b>	<b>0,02</b>	<b>46,47</b>
<b>Desviación</b>	<b>4,601</b>	<b>230,1</b>	<b>0,61</b>	<b>30,68</b>	<b>0,91</b>	<b>45,38</b>	<b>0,14</b>	<b>6,82</b>
<b>n</b>								
<b>Error%</b>	<b>11,07</b>	<b>11,07</b>	<b>13,29</b>	<b>13,29</b>	<b>12,78</b>	<b>12,78</b>	<b>11,93</b>	<b>11,93</b>

En rastrojo alto se obtuvo un volumen total de 104,38 m<sup>3</sup>/ha y 67,86 m<sup>3</sup>/ha de volumen comercial (véase Tabla 4.37) para una densidad de 611 árboles/ha, estimada mediante el análisis estadístico de 47 parcelas (véase Tabla 4.39); estos valores equivalen aproximadamente a la mitad de los volúmenes obtenidos para el bosque secundario.

En el bosque seco tropical se obtuvieron valores menores para el volumen total y comercial para ambas coberturas comparadas con el bosque húmedo, originado por el alto estado de intervención de esta zona, evidenciado por la presencia de pocos individuos de grandes dimensiones, resultados del aprovechamiento selectivo de las especies maderables. El volumen comercial obtenido en ambas coberturas es bajo: 17,59 m<sup>3</sup>/ha y 6,76 m<sup>3</sup>/ha para bosque secundario y rastrojo alto respectivamente (véase Tabla 4.40). En la Tabla 4.41 y la Tabla 4.42 se presentan los valores por parcela y por hectárea para el bosque secundario y el rastrojo alto, con 131 y 171 parcelas respectivamente.

**Tabla 4.40. Estadígrafos obtenidos para volumen total (VT) y volumen comercial (VC) en las coberturas de bosque secundario y rastrojo alto del bosque seco tropical.**

Cobertura	Bs-T			
	Bosque secundario		Rastrojo alto	
	VT	VC	VT	VC
Parámetro				
Volumen promedio (m <sup>3</sup> /ha)	112,67	17,59	62,63	6,76
Varianza	7459,28	233,68	2180,33	39,07
Desviación	86,37	15,29	46,69	6,25
Intervalo de confianza	16,52	2,92	7,00	0,94
ERROR %	13,13	14,88	11,17	13,87



**Tabla 4.41. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque seco tropical.**

Cobertura		Bosque secundario (Bs-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
59A	11	550	0,063	3,132	1,418	70,904	3,435	171,767
60A	12	600	0,225	11,237	3,071	153,569	0,648	32,419
61A	11	550	0,169	8,429	1,829	91,474	1,894	94,702
62A	5	250	0,081	4,030	1,706	85,296	0,340	17,003
63A	7	350	0,035	1,740	0,989	49,450	0,207	10,345
64A	10	500	0,167	8,335	2,835	141,761	1,416	70,779
74A	8	400	0,055	2,755	2,643	132,170	0,418	20,914
75A	10	500	0,320	15,996	3,922	196,125	0,585	29,264
76A	7	350	0,069	3,430	1,910	95,515	0,530	26,480
77A	13	650	0,184	9,182	2,275	113,774	0,756	37,789
78A	10	500	0,158	7,878	2,154	107,683	0,372	18,587
79A	6	300	0,160	8,024	6,401	320,029	0,665	33,270
80A	13	650	0,162	8,088	2,160	108,015	0,497	24,838
90A	12	600	0,114	5,676	2,988	149,387	0,519	25,936
91A	6	300	0,424	21,214	2,589	129,463	0,369	18,470
92A	8	400	0,072	3,606	0,682	34,119	0,177	8,831
93A	15	750	0,273	13,672	4,242	212,080	1,653	82,650
95A	6	300	0,135	6,741	1,048	52,384	0,702	35,087
96A	5	250	0,041	2,027	0,308	15,394	0,103	5,152
97A	12	600	0,642	32,098	7,843	392,136	0,836	41,822
98A	6	300	0,468	23,423	2,614	130,709	0,503	25,172
99A	7	350	0,220	11,005	4,617	230,873	0,248	12,380
100A	18	900	0,063	3,139	2,241	112,059	0,551	27,535
101A	7	350	0,142	7,076	1,881	94,049	0,240	11,981
66B	6	300	0,147	7,370	1,254	62,686	0,482	24,082
67B	9	450	0,078	3,913	0,743	37,160	0,513	25,647
68B	6	300	0,196	9,780	1,073	53,630	0,692	34,621
69B	8	400	0,789	39,474	3,463	173,175	1,798	89,907
70B	3	150	0,024	1,179	0,195	9,728	0,380	18,977
71B	5	250	0,072	3,588	0,412	20,576	0,606	30,313
72B	8	400	0,127	6,335	3,751	187,539	0,817	40,856
73B	10	500	0,174	8,714	1,419	70,928	0,630	31,480
74B	5	250	0,227	11,332	2,380	119,000	0,409	20,467
75B	10	500	0,039	1,955	0,336	16,778	0,473	23,647
76B	10	500	0,033	1,675	0,301	15,040	0,334	16,678
77B	15	750	0,153	7,673	1,114	55,696	0,576	28,806
78B	13	650	0,657	32,847	3,059	152,926	0,774	38,711
79B	7	350	0,740	36,984	5,300	264,982	1,581	79,042



**Tabla 4.41. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque seco tropical.(Continuación)**

Cobertura		Bosque secundario (Bs-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
80B	7	350	0,618	30,893	2,894	144,699	0,521	26,034
81B	5	250	0,333	16,667	1,284	64,209	0,381	19,058
82B	9	450	0,453	22,659	2,236	111,777	1,081	54,069
83 <sup>a</sup>	6	300	0,182	9,121	1,379	68,933	1,009	50,464
84 <sup>a</sup>	25	1250	0,109	5,437	1,388	69,412	0,437	21,830
85 <sup>a</sup>	11	550	0,058	2,919	0,801	40,036	0,270	13,520
86 <sup>a</sup>	14	700	0,035	1,753	1,278	63,876	0,273	13,654
87 <sup>a</sup>	18	900	0,082	4,118	1,690	84,525	0,365	18,262
88 <sup>a</sup>	11	550	0,060	2,977	0,954	47,711	0,254	12,716
93 <sup>a</sup>	5	250	0,607	30,362	4,857	242,866	0,540	26,980
94 <sup>a</sup>	9	450	0,856	42,815	2,544	127,195	1,075	53,746
95 <sup>a</sup>	8	400	0,467	23,374	1,469	73,467	1,358	67,912
96 <sup>a</sup>	5	250	0,399	19,938	1,282	64,118	0,506	25,286
97 <sup>a</sup>	6	300	0,692	34,582	3,026	151,288	0,857	42,829
98 <sup>a</sup>	10	500	0,221	11,062	1,467	73,373	1,161	58,045
99 <sup>a</sup>	5	250	0,181	9,047	0,963	48,134	0,708	35,390
100 <sup>a</sup>	12	600	0,684	34,187	4,760	238,013	2,276	113,819
101 <sup>a</sup>	8	400	0,180	8,998	1,019	50,965	0,361	18,037
102 <sup>a</sup>	9	450	0,832	41,590	3,777	188,828	0,687	34,350
103 <sup>a</sup>	20	1000	0,285	14,260	1,952	97,609	0,883	44,142
104 <sup>a</sup>	19	950	0,552	27,592	5,070	253,519	1,367	68,359
105 <sup>a</sup>	20	1000	0,388	19,414	2,280	114,001	1,299	64,931
106 <sup>a</sup>	14	700	0,421	21,044	2,784	139,189	1,638	81,876
68C	5	250	0,820	41,011	5,811	290,565	0,523	26,154
69C	10	500	0,691	34,550	5,973	298,627	1,454	72,715
70C	6	300	0,391	19,559	3,114	155,695	0,494	24,680
71C	6	300	1,067	53,364	4,058	202,922	1,483	74,135
72C	10	500	0,182	9,113	1,431	71,563	0,314	15,710
73C	8	400	0,786	39,294	5,054	252,690	0,357	17,851
74C	6	300	1,025	51,238	4,356	217,813	0,405	20,273
103C	10	500	0,807	40,339	3,970	198,478	0,808	40,380
104C	10	500	0,418	20,881	2,236	111,782	1,790	89,519
105C	15	750	0,333	16,666	3,404	170,218	0,865	43,237
106C	11	550	0,930	46,481	7,339	366,956	1,398	69,905
107C	10	500	0,902	45,124	7,894	394,719	0,497	24,868
108C	8	400	0,552	27,611	2,916	145,797	0,430	21,491
109C	10	500	1,074	53,688	4,438	221,883	0,491	24,541



**Tabla 4.41. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque seco tropical. (Continuación)**

Cobertura		Bosque secundario (Bs-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
110C	11	550	1,002	50,107	5,266	263,280	0,636	31,792
111C	11	550	0,812	40,621	4,787	239,346	1,015	50,761
112C	10	500	1,038	51,888	6,059	302,958	1,373	68,673
128C	11	550	0,066	3,296	0,787	39,346	0,790	39,517
129C	9	450	0,101	5,028	0,680	33,976	0,361	18,053
130C	14	700	0,168	8,395	2,085	104,265	0,576	28,808
131C	16	800	0,175	8,770	1,224	61,191	0,427	21,368
130 <sup>a</sup>	13	650	0,773	38,671	0,884	44,204	0,359	17,956
131 <sup>a</sup>	5	250	0,436	21,788	1,372	68,623	0,373	18,656
132 <sup>a</sup>	6	300	0,150	7,483	0,409	20,449	0,330	16,494
150 <sup>a</sup>	8	400	0,095	4,743	0,302	15,120	0,410	20,522
151 <sup>a</sup>	6	300	0,034	1,693	0,123	6,160	0,118	5,907
130B	5	250	0,126	6,321	0,696	34,820	1,090	54,525
131B	13	650	0,187	9,349	1,303	65,134	0,533	26,643
132B	14	700	0,177	8,873	1,130	56,523	1,382	69,087
133B	9	450	0,128	6,411	0,815	40,749	0,464	23,222
134B	7	350	0,115	5,754	0,645	32,245	0,207	10,346
135B	15	750	0,379	18,946	1,754	87,688	0,585	29,250
136B	8	400	0,258	12,895	0,754	37,685	0,604	30,197
137B	10	500	0,671	33,535	2,205	110,242	0,852	42,593
138B	18	900	0,256	12,788	1,250	62,505	0,516	25,778
139B	9	450	0,824	41,205	3,392	169,588	0,669	33,442
140B	8	400	0,465	23,227	1,616	80,814	1,193	59,674
141B	6	300	0,606	30,313	2,484	124,218	0,469	23,435
142B	8	400	0,835	41,734	3,223	161,171	1,037	51,853
143B	6	300	0,144	7,176	0,503	25,128	0,721	36,063
145B	6	300	0,028	1,413	0,264	13,219	0,277	13,863
146B	10	500	0,161	8,072	0,898	44,887	0,710	35,496
147B	11	550	0,106	5,287	0,847	42,371	0,644	32,217
148B	8	400	0,054	2,709	0,446	22,295	0,358	17,909
149B	10	500	0,339	16,926	1,016	50,780	0,782	39,079
150B	5	250	0,066	3,279	0,299	14,965	0,412	20,616
151B	3	150	0,048	2,403	0,420	21,009	0,358	17,877
152B	6	300	0,118	5,911	0,471	23,546	0,652	32,616
153B	9	450	0,627	31,347	2,505	125,250	0,450	22,521
154B	11	550	1,081	54,063	4,222	211,077	1,082	54,110
155B	15	750	1,063	53,140	5,134	256,723	0,730	36,514



**Tabla 4.41. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque seco tropical. (Continuación)**

Cobertura		Bosque secundario (Bs-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
156B	11	550	1,072	53,592	4,052	202,611	0,557	27,867
157B	12	600	0,537	26,844	1,831	91,562	1,523	76,135
158B	5	250	0,110	5,476	0,589	29,449	0,348	17,385
159B	9	450	0,796	39,816	2,501	125,048	1,389	69,465
161B	7	350	0,093	4,661	0,500	25,014	0,312	15,596
162B	6	300	0,438	21,888	1,525	76,271	0,834	41,684
163B	10	500	0,455	22,769	1,344	67,210	0,402	20,102
164B	11	550	0,207	10,354	1,008	50,417	0,365	18,230
165B	7	350	0,545	27,266	1,501	75,036	0,779	38,956
166B	17	850	0,510	25,476	1,689	84,473	0,777	38,869
167B	8	400	0,154	7,697	0,768	38,425	0,542	27,114
168B	14	700	0,059	2,929	0,761	38,041	0,801	40,041
169B	10	500	0,227	11,340	4,573	228,634	0,481	24,051
170B	8	400	0,144	7,196	2,099	104,929	0,578	28,906
171B	12	600	0,128	6,403	0,610	30,523	0,835	41,727
172B	15	750	0,166	8,278	1,022	51,101	0,610	30,487
173B	10	500	0,287	14,338	2,709	135,446	0,827	41,347
174B	13	650	0,212	10,584	1,199	59,972	0,936	46,792
175B	8	400	0,032	1,589	0,848	42,402	0,269	13,429
176B	6	300	0,114	5,699	0,917	45,868	0,465	23,230
177B	14	700	0,225	11,237	3,071	153,569	0,865	43,253
Media	10	483	0,35	17,59	2,25	112,67	0,72	36,24
Varianza	15	37577	0,09	233,68	2,98	7459,28	0,23	573,73
Desviación	4	193,8	0,31	15,29	1,73	86,37	0,48	23,95
Error%	7	6,88	14,88	14,88	13,13	13,13	11,32	11,32



**Tabla 4.42. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque seco tropical.**

Cobertura			Rastrojo alto (Bs-T)					
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
50A	16	800	0,279	13,940	4,410	220,518	0,514	25,677
51A	15	750	0,016	0,779	1,045	52,253	0,201	10,042
52A	10	500	0,027	1,347	1,025	51,232	0,147	7,328
53A	10	500	0,148	7,375	3,405	170,235	0,443	22,141
54A	11	550	0,150	7,484	1,528	76,388	0,581	29,060
55A	5	250	0,193	9,634	1,027	51,347	0,145	7,240
56A	10	500	0,022	1,120	1,149	57,429	0,431	21,562
57A	11	550	0,107	5,329	1,060	52,990	0,464	23,187
58A	10	500	0,265	13,250	3,225	161,250	0,410	20,477
63A	6	300	0,099	4,960	0,928	46,414	0,335	16,732
64A	9	450	0,217	10,832	3,856	192,803	0,579	28,946
67A	4	200	0,045	2,230	0,776	38,785	0,287	14,375
68A	7	350	0,135	6,755	1,000	50,017	0,318	15,882
69A	8	400	0,027	1,367	1,533	76,628	0,139	6,968
70A	14	700	0,083	4,163	0,957	47,840	0,289	14,469
71A	8	400	0,020	0,986	0,451	22,544	0,146	7,286
72A	7	350	0,160	7,991	0,555	27,725	0,106	5,319
73A	11	550	0,783	39,140	5,400	270,010	0,762	38,075
81A	12	600	0,107	5,345	1,830	91,499	0,371	18,560
82A	6	300	0,092	4,616	1,079	53,943	0,557	27,835
83A	9	450	0,055	2,739	2,099	104,971	0,354	17,689
84A	12	600	0,119	5,925	1,262	63,094	0,302	15,117
85A	9	450	0,016	0,787	0,622	31,124	0,486	24,306
86A	6	300	0,207	10,345	1,631	81,527	0,367	18,364
87A	15	750	0,032	1,610	2,697	134,869	0,468	23,391
88A	21	1050	0,136	6,790	3,459	172,930	0,563	28,144
89A	11	550	0,100	4,978	1,877	93,835	0,261	13,037
94A	4	200	0,015	0,747	0,035	1,760	0,056	2,814
102A	15	750	0,045	2,270	0,638	31,910	0,419	20,948
103A	6	300	0,017	0,840	0,668	33,414	0,214	10,677
104A	14	700	0,068	3,381	0,319	15,953	0,235	11,746
105A	15	750	0,019	0,925	0,102	5,083	0,222	11,076
106A	6	300	0,012	0,621	0,098	4,890	0,079	3,962
50B	16	800	0,101	5,044	0,963	48,163	0,393	19,651
51B	18	900	0,056	2,802	0,920	45,986	0,330	16,516
52B	11	550	0,115	5,770	0,977	48,854	0,207	10,336
53B	20	1000	0,196	9,813	1,490	74,496	0,554	27,694
54B	13	650	0,165	8,252	0,988	49,388	0,491	24,570



**Tabla 4.42. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque seco tropical. (Continuación)**

Cobertura		Rastrojo alto (Bs-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
55B	10	500	0,089	4,448	0,815	40,753	0,520	25,982
56B	14	700	0,283	14,143	2,954	147,720	0,528	26,421
57B	11	550	0,159	7,941	1,190	59,521	0,783	39,137
58B	9	450	0,036	1,798	0,374	18,694	0,267	13,368
59B	11	550	0,159	7,956	0,877	43,849	0,690	34,488
60B	10	500	0,188	9,397	1,071	53,571	0,891	44,557
61B	9	450	0,136	6,780	1,512	75,578	0,473	23,640
62B	8	400	0,151	7,542	1,054	52,722	0,539	26,954
63B	10	500	0,130	6,490	0,957	47,836	0,404	20,218
64B	12	600	0,113	5,673	1,114	55,697	0,623	31,163
65B	14	700	0,182	9,124	1,464	73,221	1,758	87,896
89B	9	450	0,078	3,891	0,967	48,373	1,249	62,454
90B	10	500	0,139	6,943	0,914	45,721	0,947	47,365
91B	17	850	0,494	24,702	2,270	113,502	3,413	170,672
92B	8	400	0,470	23,517	2,995	149,739	1,543	77,157
108B	9	450	0,114	5,717	0,585	29,257	0,337	16,860
109B	7	350	0,114	5,707	1,451	72,527	0,257	12,855
110B	12	600	0,134	6,688	0,938	46,920	0,339	16,943
111B	8	400	0,269	13,447	1,460	72,991	0,280	13,981
112B	12	600	0,148	7,379	1,304	65,204	0,277	13,858
113B	11	550	0,117	5,863	0,906	45,301	0,366	18,281
114B	15	750	0,351	17,544	2,090	104,522	0,501	25,063
115B	9	450	0,093	4,650	0,518	25,884	0,238	11,896
116B	11	550	0,015	0,751	0,299	14,967	0,224	11,206
117B	13	650	0,127	6,334	0,918	45,914	0,366	18,313
118B	18	900	0,082	4,105	1,044	52,222	0,373	18,667
119B	13	650	0,062	3,095	0,540	27,020	0,274	13,701
120B	15	750	0,022	1,100	0,473	23,648	0,255	12,744
61C	7	350	0,087	4,374	0,685	34,241	0,208	10,383
62C	10	500	0,188	9,410	1,365	68,254	0,373	18,630
63C	3	150	0,047	2,344	0,098	4,881	0,031	1,526
64C	7	350	0,037	1,872	0,251	12,534	0,103	5,139
65C	6	300	0,045	2,238	0,492	24,576	0,116	5,815
66C	9	450	0,053	2,670	0,684	34,205	0,202	10,089
67C	5	250	0,012	0,606	0,198	9,892	0,061	3,055
76C	8	400	0,217	10,835	1,253	62,633	0,364	18,212
77C	4	200	0,436	21,803	2,380	118,998	0,433	21,655
78C	10	500	0,327	16,333	2,176	108,796	1,988	99,406



**Tabla 4.42. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque seco tropical. (Continuación)**

Cobertura			Rastrojo alto (Bs-T)					
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
79C	16	800	0,229	11,456	1,871	93,534	0,576	28,809
80C	12	600	0,166	8,322	1,811	90,539	0,430	21,516
81C	7	350	0,251	12,554	1,488	74,425	0,355	17,739
82C	13	650	0,642	32,114	4,624	231,196	0,877	43,867
83C	12	600	0,277	13,858	2,317	115,846	0,348	17,409
84C	7	350	0,357	17,867	4,153	207,629	0,194	9,682
85C	14	700	0,487	24,362	2,198	109,923	0,457	22,844
86C	11	550	0,019	0,952	0,539	26,945	0,113	5,653
87C	9	450	0,098	4,900	1,024	51,205	0,383	19,161
88C	15	750	0,249	12,443	1,976	98,819	0,311	15,539
89C	13	650	0,042	2,119	0,752	37,579	0,147	7,354
90C	9	450	0,049	2,426	0,785	39,262	0,227	11,333
91C	5	250	0,022	1,105	0,312	15,582	0,061	3,037
92C	6	300	0,095	4,727	0,683	34,139	0,533	26,627
93C	13	650	0,203	10,140	1,319	65,948	0,320	16,007
94C	7	350	0,100	4,985	0,677	33,870	0,435	21,745
95C	13	650	0,115	5,740	0,870	43,486	0,344	17,181
96C	11	550	0,163	8,131	1,196	59,809	0,122	6,079
97C	20	1000	0,188	9,392	2,197	109,856	0,331	16,533
98C	14	700	0,385	19,246	2,116	105,806	0,249	12,459
99C	12	600	0,234	11,708	1,263	63,142	0,186	9,301
100C	15	750	0,234	11,724	2,374	118,725	0,269	13,473
101C	9	450	0,037	1,836	0,581	29,035	0,141	7,045
102C	14	700	0,084	4,216	1,078	53,895	0,193	9,638
113C	11	550	0,062	3,097	0,548	27,397	0,565	28,270
114C	15	750	0,365	18,230	2,381	119,042	0,599	29,932
115C	10	500	0,210	10,492	1,406	70,293	0,239	11,968
116C	12	600	0,094	4,693	0,983	49,152	0,322	16,081
117C	12	600	0,122	6,123	0,851	42,558	0,544	27,176
118C	11	550	0,162	8,121	1,379	68,974	0,384	19,208
119C	5	250	0,384	19,216	1,701	85,045	0,386	19,311
120C	10	500	0,019	0,951	0,548	27,422	0,358	17,895
121C	15	750	0,064	3,177	0,993	49,650	0,447	22,347
122C	10	500	0,049	2,433	1,164	58,225	0,373	18,661
123C	7	350	0,242	12,082	1,064	53,211	0,297	14,840
124C	15	750	0,307	15,374	2,068	103,409	0,864	43,203
125C	5	250	0,083	4,165	0,473	23,667	0,163	8,152
126C	6	300	0,102	5,114	1,871	93,535	0,265	13,247



**Tabla 4.42. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque seco tropical. (Continuación)**

Cobertura			Rastrojo alto (Bs-T)					
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
132C	12	600	0,060	2,980	0,426	21,287	0,198	9,880
133C	13	650	0,042	2,087	0,290	14,506	0,225	11,235
134C	14	700	0,043	2,137	1,395	69,768	0,169	8,440
135C	6	300	0,189	9,438	0,609	30,457	0,111	5,557
136C	12	600	0,024	1,192	1,285	64,231	0,243	12,127
137C	14	700	0,029	1,473	1,300	65,021	0,196	9,808
138C	14	700	0,030	1,510	0,970	48,482	0,206	10,321
139C	12	600	0,198	9,883	1,362	68,084	0,160	7,996
140C	16	800	0,091	4,529	1,965	98,225	0,208	10,411
141C	16	800	0,050	2,495	1,506	75,304	0,290	14,512
142C	12	600	0,074	3,689	0,948	47,409	0,271	13,562
143C	19	950	0,058	2,882	1,273	63,670	0,269	13,451
144C	12	600	0,053	2,650	1,039	51,950	0,203	10,165
145C	15	750	0,036	1,820	0,758	37,908	0,150	7,515
146C	6	300	0,160	7,993	1,164	58,221	0,198	9,904
147C	15	750	0,395	19,740	2,163	108,129	0,364	18,182
148C	14	700	0,388	19,388	2,423	121,142	0,351	17,546
149C	7	350	0,171	8,553	1,286	64,300	0,266	13,322
150C	15	750	0,126	6,297	1,071	53,548	0,347	17,329
107A	5	250	0,019	0,972	0,034	1,715	0,174	8,725
108A	7	350	0,013	0,629	0,070	3,503	0,141	7,066
109A	14	700	0,062	3,117	0,558	27,915	0,473	23,643
110A	5	250	0,012	0,605	0,141	7,061	0,086	4,291
111A	9	450	0,165	8,228	0,837	41,864	0,342	17,123
112A	14	700	0,054	2,723	0,344	17,205	0,257	12,841
113A	10	500	0,023	1,144	0,324	16,210	0,181	9,042
114A	8	400	0,069	3,426	0,122	6,095	0,182	9,101
115A	12	600	0,013	0,637	0,166	8,301	0,349	17,471
127A	10	500	0,022	1,098	1,034	51,714	0,468	23,401
133A	4	200	0,039	1,929	0,230	11,521	0,541	27,072
134A	9	450	0,054	2,709	1,441	72,027	0,450	22,503
177BB	5	250	0,097	4,852	0,514	25,678	0,371	18,545
178B	2	100	0,030	1,513	0,066	3,314	0,022	1,090
179B	12	600	0,215	10,730	1,383	69,139	0,581	29,063
180B	9	450	0,050	2,520	0,411	20,548	0,620	31,006
181B	9	450	0,033	1,672	0,585	29,259	0,291	14,533
182B	9	450	0,021	1,035	0,279	13,956	0,129	6,432
151C	7	350	0,073	3,662	0,483	24,175	0,115	5,740

**Tabla 4.42. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque seco tropical. (Continuación)**

Cobertura		Rastrojo alto (Bs-T)						
Parcela	n	N	Vc (m <sup>3</sup> )	VC (m <sup>3</sup> /ha)	Vt (m <sup>3</sup> )	VT (m <sup>3</sup> /ha)	g (m <sup>2</sup> )	G (m <sup>2</sup> /ha)
152C	11	550	0,041	2,058	0,885	44,239	0,157	7,849
153C	17	850	0,055	2,726	1,103	55,158	0,224	11,203
154C	8	400	0,138	6,902	0,936	46,814	0,163	8,158
156C	9	450	0,121	6,044	1,546	77,306	0,463	23,158
157C	10	500	0,061	3,061	0,847	42,346	0,402	20,081
158C	8	400	0,153	7,672	3,507	175,358	0,352	17,609
159C	11	550	0,369	18,470	3,115	155,769	0,503	25,172
160C	13	650	0,211	10,573	2,189	109,449	0,416	20,821
162C	16	800	0,236	11,781	2,079	103,968	0,387	19,326
163C	18	900	0,052	2,620	1,487	74,341	0,338	16,876
171C	21	1050	0,071	3,549	0,349	17,475	0,373	18,674
172C	4	200	0,102	5,095	0,251	12,563	0,066	3,276
173C	11	550	0,171	8,543	1,388	69,394	0,403	20,136
174C	11	550	0,073	3,654	1,152	57,588	0,306	15,280
175C	11	550	0,064	3,220	1,031	51,551	0,186	9,306
176C	16	800	0,319	15,968	2,260	112,985	0,432	21,588
177C	10	500	0,067	3,328	0,884	44,175	0,863	43,131
178C	3	150	0,047	2,356	0,321	16,048	0,348	17,380
<b>Media</b>	<b>11</b>	<b>538</b>	<b>0,14</b>	<b>6,76</b>	<b>1,25</b>	<b>62,63</b>	<b>0,39</b>	<b>19,35</b>
<b>Varianza</b>	<b>15</b>	<b>37835</b>	<b>0,02</b>	<b>39,07</b>	<b>0,87</b>	<b>2180,33</b>	<b>0,13</b>	<b>316,65</b>
<b>Desviación</b>	<b>3,8</b>	<b>194,51</b>	<b>0,13</b>	<b>6,25</b>	<b>0,93</b>	<b>46,69</b>	<b>0,36</b>	<b>17,79</b>
<b>Error%</b>	<b>5,4</b>	<b>5,42</b>	<b>13,87</b>	<b>13,87</b>	<b>11,17</b>	<b>11,17</b>	<b>13,78</b>	<b>13,78</b>

De la Tabla 4.43 a la Tabla 4.46 se presentan los valores de volumen total y volumen comercial por hectárea, para las diferentes especies censadas dentro de cada tipo de cobertura, medidas a partir de un diámetro mayor o igual a 10 cm.

En el bosque húmedo tropical la especie que aporta mayor volumen comercial es el hobo (*Spondias cf. mombin*) con 22 m<sup>3</sup>/ha en bosque secundario y 21,2 m<sup>3</sup>/ha en rastrojo alto, siendo la especie con mayor número de individuos de grandes dimensiones (últimas categorías diamétricas); seguido por el ceibón (*Hura crepitans*) con un volumen comercial de 20 m<sup>3</sup>/ha en el bosque y el resbalamono (*Bursera simarouba*) con 8,09 m<sup>3</sup>/ha en rastrojo.

El tautano (*Trichillia palida*) es la especie con mayor volumen comercial por hectárea en el bosque secundario del bosque seco tropical con 3,83 m<sup>3</sup>/ha seguido por el cedro playero (*Samanea saman*) con 2,06 m<sup>3</sup>/ha. Otra especie importante en esta cobertura es el higerón (*Sorocea affinis*) con 1,77 m<sup>3</sup>/ha. En rastrojo alto de esta zona de vida el piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) es la especie con mayor aporte de volumen comercial (1,51 m<sup>3</sup>/ha).

**Tabla 4.43. Volúmenes comercial y total por especie para el bosque secundario en el Bh-T.**

Bosque secundario (Bh-T)			
No	Especie	VT (m <sup>3</sup> /ha)	VC (m <sup>3</sup> /ha)
1	<i>Acrocomia aculeata</i>	0,72	0,5
2	<i>Adenaria cf. floribunda</i>	0,04	0
3	<i>Albizia carbonaria</i>	0,26	0,1
4	<i>Ampelocera sp</i>	1,25	0,6
5	<i>Anacardium excelsum</i>	1,13	0,7
6	<i>Aphelandra cf. pharangophylla</i>	0,78	0,5
7	<i>Ardisia sp.</i>	0,03	0
8	<i>Aspidosperma sp.</i>	0,03	0
9	<i>Astronium graveolens</i>	6,38	4
10	<i>Bauhinia picta</i>	1,71	1,2
11	<i>Brownea cf. stenantha</i>	0,03	0
12	<i>Buchonsia sp.</i>	0,03	0
13	<i>Bursera graveolens</i>	0,11	0
14	<i>Bursera simarouba</i>	14,7	9
15	<i>Capparis indica</i>	0,63	0,4
16	<i>Capparis pachaca</i>	0,7	0,4
17	<i>Casearia corymbosa</i>	0,66	0,3
18	<i>Casearia praecox</i>	0,69	0,4
19	<i>Cecropia peltata</i>	6,32	4,1
20	<i>Cedrela odorata</i>	1,26	0,8
21	<i>Centrolobium paraense</i>	0,22	0,2
22	<i>cf. Pachira</i>	1,45	0,5
23	<i>Chomelia sp</i>	0,97	0,6
24	<i>Chomelia speciosa</i>	0,03	0
25	<i>Chrysophyllum cf argenteum</i>	2,44	1,7
26	<i>Cnidosculus urens</i>	0,14	0,1
27	<i>Coccoloba padiformis</i>	0,55	0,3
28	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1,07	0,7
29	<i>Cordia panamensis</i>	1,17	0,8
30	<i>Coursetia caribea</i>	0,09	0,1
31	<i>Crataeva tapia</i>	0,28	0,3
32	<i>Cryosophylla kalbreyeri</i>	0,03	0
33	<i>Cynometra cf. bauhiniifolia</i>	0,15	0
34	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	13,3	6,9
35	<i>Erythrina poeppigiana</i>	0,23	0,1
36	<i>Eschweilera pittieri</i>	0,16	0,1
37	<i>Faramea occidentalis</i>	0,06	0
38	<i>Ficus insipida</i>	2,21	1,3
39	<i>Ficus nimphaeifolia</i>	0,68	0,4

**Tabla 4.43. Volúmenes comercial y total por especie para el bosque secundario en el Bh-T. (Continuación)**

Bosque secundario (Bh-T)			
No	Especie	VT (m <sup>3</sup> /ha)	VC (m <sup>3</sup> /ha)
40	<i>ubs. sp. 1</i>	0,38	0,2
41	<i>Garcinia intermedia</i>	0,04	0
42	<i>Genipa americana</i>	0,45	0,3
43	<i>Grias sp.</i>	0,35	0,2
44	<i>Guazuma ulmifolia</i>	10,3	5,5
45	<i>Gyrocarpus americanus</i>	2,27	1,1
46	<i>Heliocarpus americanus ubs. payanensis</i>	0,16	0,1
47	<i>Hura crepitans</i>	36,7	20
48	indeterminada 1	0,03	0
49	indeterminada 4	0,99	0,5
50	indeterminada 5	0,03	0
51	indeterminada 6	0,23	0,1
52	<i>Inga acuminata</i>	0,06	0
53	<i>Jacaranda hesperia</i>	1,78	0,1
54	<i>Mabea occidentalis</i>	0,53	0,3
55	<i>Machaerium cf. Microphyllum</i>	0,4	0,1
56	<i>Machaerium cf. Moritziana</i>	0,04	0
57	<i>Machaerium pachiphyllum</i>	1,83	0,9
58	<i>Maclura tinctoria</i>	0,24	0,1
59	<i>Mangifera indica</i>	0,54	0,2
60	<i>Myriocarpa sp.</i>	0,27	0,1
61	<i>Myriocarpa stipitata</i>	0,04	0
62	<i>Ochroma pyramidale</i>	1,34	0,9
63	<i>Ocotea sp.</i>	7,27	3,4
64	<i>Oxandra longipetala</i>	0,89	0,5
65	<i>Pachira quinnata</i>	0,7	0,4
66	<i>Phithecellobium lancifolium</i>	0,68	0,4
67	<i>Pittoniotis sp</i>	0,26	0,2
68	<i>Platymiscium cf. Polystachium</i>	2,48	1,9
69	<i>Platymiscium pinnatum</i>	6,02	3,9
70	<i>Pososqueria latifolia</i>	0,19	0,1
71	<i>Pouteria sp2</i>	0,36	0,2
72	<i>Pouteria sp4</i>	0,1	0,1
73	<i>Pseudobombax septenatum</i>	1,78	0,8
74	<i>Pterocarpus cf. Officinalis</i>	2,16	1,1
75	<i>Quararibea sp.</i>	1,84	1,1
76	<i>Randia armata</i>	0,22	0,1
77	<i>Rollinia cf. Membranacea</i>	1,98	1

**Tabla 4.43. Volúmenes comercial y total por especie para el bosque secundario en el Bh-T. (Continuación)**

Bosque secundario (Bh-T)			
No	Especie	VT (m <sup>3</sup> /ha)	VC (m <sup>3</sup> /ha)
78	<i>Rubiaceae 2</i>	0,17	0,1
79	<i>Samanea saman</i>	3,3	1,9
80	<i>Sapindus saponaria</i>	0,04	0
81	<i>Sapium sp.</i>	0,08	0
82	<i>Sciadodendron excelsum</i>	1,19	0,7
83	<i>Simira cordifolia</i>	0,54	0,3
84	<i>Sloanea brevispina</i>	0,04	0
85	<i>Solanum sp. 2</i>	2,74	1,6
86	<i>Sommeria sabiceoides</i>	0,26	0
87	<i>Sorocea affinis</i>	12,2	7,8
88	<i>Spondias cf. mombin</i>	39,6	22
89	<i>Spondias sp.</i>	0,74	0,1
90	<i>Stemmadenia grandiflora</i>	0,18	0,1
91	<i>Swartzia haughtii</i>	0,3	0,2
92	<i>Tabebuia ochracea</i>	0,25	0,1
93	<i>Talisia sp. 2</i>	0,05	0
94	<i>Trema micrantha</i>	0,04	0
95	<i>Trichillia pallida</i>	9,68	6,1
96	<i>Triplaris cf. americana</i>	0,9	0,5
97	<i>Urera sp.</i>	0,06	0
98	<i>Vasconcella cauliflora</i>	0,26	0,1
99	<i>Zanthoxylum sp. 1</i>	0,58	0,4
100	<i>Zanthoxylum sp. 2</i>	0,74	0,4
101	<i>Zuelania guidonia</i>	0,39	0,3
<b>Total</b>		<b>223</b>	<b>127</b>

**Tabla 4.44. Volúmenes comercial y total por especie para rastrojo alto en el Bh-T.**

Rastrojo alto (Bh-T)			
No	Especie	VT (m <sup>3</sup> /ha)	VC (m <sup>3</sup> /ha)
1	<i>Acrocomia aculeata</i>	7,5	5,23
2	<i>Albizia carbonaria</i>	0,06	0,05
3	<i>Annona purpurea</i>	1,04	0,63
4	<i>Aphelandra cf. pharangophylla</i>	0,82	0,52
5	<i>Astronium graveolens</i>	1,3	0,91
6	<i>Bursera graveolens</i>	1,19	0,75
7	<i>Bursera simarouba</i>	12,4	8,09
8	<i>Bursera tomentosa</i>	0,3	0,11
9	<i>Byrsonima crassifolia</i>	0,36	0,25
10	<i>Capparis indica</i>	0,1	0,06
11	<i>Casearia praecox</i>	0,37	0,28
12	<i>Casearia sp. 1</i>	0,09	0,05
13	<i>Cecropia peltata</i>	6,17	4,45
14	<i>Centrolobium paraense</i>	0,33	0,08
15	<i>cf. Poeppigia</i>	0,17	0,12
16	<i>Chomelia speciosa</i>	0,08	0,05
17	<i>Clusia minor</i>	0,22	0,17
18	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	4,48	3,04
19	<i>Cordia panamensis</i>	0,47	0,33
20	<i>Coursetia caribea</i>	0,52	0,38
21	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0,11	0,07
22	<i>Ficus insipida</i>	0,21	0,17
23	<i>Ficus nimphaeifolia</i>	0,31	0,15
24	<i>Ficus sp. 1</i>	0,6	0,5
25	<i>Grias sp.</i>	0,58	0,34
26	<i>Guazuma ulmifolia</i>	12,5	7,95
27	<i>Gyrocarpus americanus</i>	0,98	0,69
28	<i>Heliocarpus americanus L. subsp. payanensis</i>	0,11	0,06
29	<i>Hura crepitans</i>	2,5	1,28
30	<i>Hymenaea courbaril</i>	1,08	0,73
31	<i>Inga acuminata</i>	0,08	0,05
32	<i>Jacaranda hesperia</i>	0,46	0,21
33	<i>Lonchocarpus cf. velutina</i>	0,43	0,3
34	<i>Machaerium pachiphyllum</i>	3,23	2,04
35	<i>Maclura tinctoria</i>	0,37	0,16
36	<i>Ochroma pyramidale</i>	2,31	1,5
37	<i>Ocotea sp.</i>	3,78	2,37
38	<i>Pachira quinnata</i>	2,49	1,68
39	<i>Platymiscium cf. polystachium</i>	0,85	0,54
40	<i>Platymiscium pinnatum</i>	3,5	2,36



**Tabla 4.44. Volúmenes comercial y total por especie para rastrojo alto en el Bh-T.  
(Continuación)**

Rastrojo alto (Bh-T)			
No	Especie	VT (m <sup>3</sup> /ha)	VC (m <sup>3</sup> /ha)
41	<i>Pososqueria latifolia</i>	0,34	0,23
42	<i>Pseudobombax septenatum</i>	2,85	2,01
43	<i>Pterocarpus cf. officinalis</i>	1,67	1,05
44	<i>Randia armata</i>	0,06	0,05
45	<i>Randia sp</i>	0,06	0,04
46	<i>Rollinia cf. Membranacea</i>	1,98	1,11
47	<i>Roupala montana Aubl.</i>	0,38	0,27
48	<i>Sciadodendron excelsum</i>	0,26	0,12
49	<i>Senna spectabilis</i>	0,16	0,08
50	<i>Sorocea affinis</i>	0,16	0,1
51	<i>Spondias cf. mombin</i>	29,2	21,2
52	<i>Spondias sp.</i>	0,81	0,54
53	<i>Stemmadenia grandiflora</i>	0,25	0,15
54	<i>Swartzia haughtii</i>	0,18	0,11
55	<i>Tabebuia ochracea</i>	0,1	0,07
56	<i>Terminalia sp.</i>	2,26	1,51
57	<i>Trichillia pallida</i>	0,42	0,28
58	<i>Ureia sp</i>	0,09	0,05
59	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	0,12	0,08
60	<i>Zanthoxylum sp. 2</i>	0,57	0,36
61	<i>Zanyhoxylum amoyense</i>	0,08	0,06
62	<i>Zuelania guidonia</i>	0,11	0,09
<b>Total</b>		<b>117</b>	<b>78,3</b>

**Tabla 4.45. Volúmenes comercial y total por especie para el bosque secundario en el Bs-T.**

Bosque secundario (Bs-T)			
No	Especie	VT (m <sup>3</sup> /ha)	VC (m <sup>3</sup> /ha)
1	<i>Albizia carbonaria</i>	0,13	0,01
2	<i>Anacardium excelsum</i>	3,14	0,69
3	<i>Annona sp.</i>	0,01	0
4	<i>Annona squamosa</i>	0,03	0
5	<i>Ardisia sp.</i>	0,03	0
6	<i>Aspidosperma sp.</i>	0,11	0,02
7	<i>Astronium graveolens</i>	6,42	1,17
8	<i>Brosimum alicastrum</i>	0,71	0,07
9	<i>Bursera simarouba</i>	6,72	1,36
10	<i>Bursera tomentosa</i>	1,19	0,16
11	<i>Calyptanthus cf. Multiflora</i>	0,01	0
12	<i>Capparis indica</i>	0,22	0,01
13	<i>Casearia praecox</i>	0,28	0,06
14	<i>Cecropia peltata</i>	3,7	0,67
15	<i>Ceiba pentandra</i>	0,84	0,26
16	<i>cf. Trophis</i>	0,31	0,07
17	<i>Chrysophyllum sp</i>	0,06	0
18	<i>Clusia minor</i>	0,05	0
19	<i>Cnidoculus urens</i>	0,18	0
20	<i>Coccoloba padiformis</i>	0,01	0
21	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	0,1	0,01
22	<i>Cordia panamensis</i>	0,07	0
23	<i>Crataeva tapia</i>	0,13	0,01
24	<i>Crescentia cujete</i>	0,01	0
25	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	7,67	1,72
26	<i>Erythroxylum cf. oxycarpum</i>	0,04	0,01
27	<i>Erythrina poeppigiana</i>	0,01	0
28	<i>Ficus insipida</i>	0,19	0
29	<i>Ficus sp. 1</i>	4,32	0,79
30	<i>Grias sp.</i>	0,03	0
31	<i>Guapira costaricana</i>	0,23	0,01
32	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,84	2,15
33	<i>Guetarda cf. eliadis</i>	0,04	0
34	<i>Gyrocarpus americanus</i>	2,41	0,49
35	<i>Hura crepitans</i>	5,42	0,81
36	<i>Hymenaea courbaril</i>	1,34	0,33
37	indeterminada 7	0,17	0,02
38	<i>Inga cf. marginata</i>	0,33	0,06
39	<i>Lonchocarpus cf. velutina</i>	0,06	0

**Tabla 4.45. Volúmenes comercial y total por especie para el bosque secundario en el Bs-T. (Continuación)**

Bosque secundario (Bs-T)			
No	Especie	VT (m <sup>3</sup> /ha)	VC (m <sup>3</sup> /ha)
40	<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,4	0,03
41	<i>Machaerium pachyphyllum</i>	1,08	0,14
42	<i>Maclura tinctoria</i>	0,07	0
43	<i>Myriocarpa sp</i>	0,03	0
44	<i>Ochroma pyramidale</i>	0,04	0
45	<i>Oxandra longipetala</i>	0,04	0
46	<i>Phyllanthus botrianthus</i>	0	0
47	<i>Phyllanthus sp.</i>	0,01	0
48	<i>Pilocarpus goudoutianus</i>	0,04	0
49	<i>Pisonia sp</i>	0,14	0,01
50	<i>Platymiscium pinnatum</i>	7	1,03
51	<i>Pouteria sp1</i>	4,8	0,21
52	<i>Pouteria sp3</i>	0,92	0,16
53	<i>Pseudobombax septenatum</i>	0,75	0,08
54	<i>Randia armata</i>	0,02	0
55	<i>Rollinia cf. Membranacea</i>	0,14	0,01
56	<i>Salacia sp.</i>	0,02	0
57	<i>Samanea saman</i>	9,64	2,06
58	<i>Sapindus saponaria</i>	0,28	0,07
59	<i>Sciadodendron excelsum</i>	5,92	0,59
60	<i>Senna spectabilis</i>	0,03	0
61	<i>Simira cordifolia</i>	0,36	0,01
62	<i>Solanum sp. 2</i>	0,73	0,04
63	<i>Sorocea affinis</i>	8,25	1,77
64	<i>Spondias cf. mombin</i>	5,08	0,62
65	<i>Spondias sp.</i>	0,54	0,09
66	<i>Stemmadenia grandiflora</i>	0,11	0
67	<i>Tabebuia ochracea</i>	0,55	0,03
68	<i>Terminalia sp.</i>	0,3	0,09
69	<i>Trichilia sp.</i>	0,02	0
70	<i>Trichillia pallida</i>	18,2	3,83
71	<i>Triplaris cf americana</i>	1,07	0,12
72	<i>Urera caracasana</i>	0,17	0,03
73	<i>Urera sp</i>	0,04	0
74	<i>Vasconcella cauliflora</i>	0,01	0
75	<i>Zanthoxylum fagara</i>	0,01	0
76	<i>Zanyhoxilum cf. macrospermun</i>	0,21	0,01
<b>Total</b>		<b>117</b>	<b>22</b>



**Tabla 4.46. Volúmenes comercial y total por especie para rastrojo alto en el Bs-T**

Rastrojo alto (Bs-T)			
No	Especie	VT (m³/ha)	VC (m³/ha)
1	<i>Acacia farnesiana</i>	0,04	0
2	<i>Albizia carbonaria</i>	1,65	0,07
3	<i>Albizia cf. Colombiana</i>	0,38	0,03
4	<i>Amyris pinnata</i>	1,42	0,16
5	<i>Annona squamosa</i>	0,01	0
6	<i>annonaceae indet. 1</i>	0,00	0
7	<i>Aspidosperma cuspa</i>	0,06	0
8	<i>Aspidosperma sp.</i>	1,20	0,08
9	<i>Astronium graveolens</i>	2,95	0,28
10	<i>Brosimum alicastrum</i>	0,10	0
11	<i>Buchonsia sp.</i>	0,02	0
12	<i>Bursera graveolens</i>	0,24	0,04
13	<i>Bursera simarouba</i>	6,65	0,73
14	<i>Bursera tomentosa</i>	0,50	0,03
15	<i>Byrsonima crassifolia</i>	0,12	0
16	<i>Calyptanthus cf. multiflora</i>	0,21	0,01
17	<i>Capparis indica</i>	0,18	0
18	<i>Casearia praecox</i>	1,18	0,18
19	<i>Cecropia peltata</i>	1,05	0,31
20	<i>Ceiba pentandra</i>	0,06	0,02
21	<i>Clusia minor</i>	0,01	0
22	<i>Cnidosculus urens</i>	0,22	0,04
23	<i>Coccoloba padiformis</i>	0,54	0,02
24	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1,32	0,21
25	<i>Cordia panamensis</i>	0,05	0
26	<i>Crateva tapia</i>	0,02	0
27	<i>Crescentia cujete</i>	0,01	0
28	<i>Cytherexylum kunthinum</i>	0,19	0,01
29	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	7,45	1,51
30	<i>Erythroxylum cf. oxycarpum</i>	0,00	0
31	<i>Ficus andicola</i>	0,39	0,11
32	<i>Ficus insipida</i>	0,64	0,17
33	<i>Ficus sp. 1</i>	1,05	0,17
34	<i>Guapira costaricana</i>	0,06	0
35	<i>Guazuma ulmifolia</i>	3,60	0,22
36	<i>Guetarda cf. eliadis</i>	0,20	0
37	<i>Guetarda sp1</i>	0,02	0
38	<i>Gyrocarpus americanus</i>	2,07	0,22
39	<i>Hura crepitans</i>	2,07	0,24
40	<i>Hymenaea courbaril</i>	0,14	0,02

**Tabla 4.46. Volúmenes comercial y total por especie para rastrojo alto en el Bs-T (Continuación)**

Rastrojo alto (Bs-T)			
No	Especie	VT (m <sup>3</sup> /ha)	VC (m <sup>3</sup> /ha)
41	Indeterminada 2	0,36	0,01
42	<i>Leucaena leucocephala</i>	0,25	0,02
43	<i>Lonchocarpus cf. velutina</i>	0,08	0,02
44	<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,63	0,04
45	<i>Machaerium pachiphyllum</i>	1,65	0,16
46	<i>Mutingia calabura</i>	0,09	0,01
47	<i>Neea sp</i>	0,06	0
48	<i>Opuntia sp</i>	0,00	0
49	<i>Oxandra longipetala</i>	0,02	0
50	<i>Phyllanthus botrianthus</i>	0,01	0
51	<i>Pilocarpus goudoutianus</i>	0,05	0
52	<i>Pisonia sp</i>	0,86	0,57
53	<i>Platymiscium pinnatum</i>	4,21	0,56
54	<i>Pouteria sp1</i>	0,02	0
55	<i>Pseudobombax septenatum</i>	0,32	0,06
56	<i>Pterocarpus cf. officinalis</i>	0,01	0
57	<i>Randia armata</i>	0,21	0,02
58	<i>Rollinia cf. Membranacea</i>	0,03	0,01
59	<i>Samanea saman</i>	0,43	0,04
60	<i>Sciadodendron excelsum</i>	4,41	0,39
61	<i>Simira cordifolia</i>	1,52	0,05
62	<i>Solanum sp. 2</i>	2,18	6,35
63	<i>Spondias cf. mombin</i>	2,10	0,18
64	<i>Stemmadenia grandiflora</i>	0,02	0
65	<i>Tabebuia ochracea</i>	2,68	0,14
66	<i>Trichilia sp.</i>	0,01	0
67	<i>Trichillia pallida</i>	4,90	0,51
68	<i>Triplaris cf. americana</i>	0,22	0,03
69	<i>Vasconcella cauliflora</i>	0,01	0
70	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	0,14	0,01
71	<i>Zanthoxylum sp. 1</i>	0,28	0,06
72	<i>Zanyhoxilum cf. macrospermun</i>	0,54	0,01
73	<i>Zuelania guidonia</i>	0,65	0,09
<b>Total</b>		<b>67,04</b>	<b>14,3</b>

La distribución del volumen por clase diamétrica y por especie en el área muestreada de cada cobertura en ambas zonas de vida se presenta en el Anexo 4.8. Se adoptaron seis clases diamétricas de acuerdo con la distribución de los datos, así: Clase I: 10-20 cm; Clase II: 21-30; Clase III: 31-40; Clase IV: 41-50; Clase V: 51-60 y Clase VI: >60.

En el bosque secundario del Bh-T se obtuvieron los valores totales más altos de volumen total y comercial en la categoría diamétrica IV, con 64,4 m<sup>3</sup>/ha y 34,1 m<sup>3</sup>/ha respectivamente. En rastrojo alto se registraron los valores más altos en la categoría I con un total de 454 individuos/ha para este rango. A diferencia del bosque húmedo tropical, en el bosque seco se encontraron los mayores volúmenes en la categoría II en el bosque secundario. En general se obtuvieron volúmenes menores que el bosque húmedo en todas las categorías diamétricas para ambas coberturas.

Vale la pena resaltar que de acuerdo con los resultados obtenidos en el Análisis del paisaje (véase numeral 3.7 Caracterización del medio Abiótico), las zonas de bosque con características ambientales superiores corresponden a las que se ubican dentro de cuatro unidades de paisaje que presentan mayores valores de tamaño de parche (índice LPI) y de *Area core* (TCA), en su orden: Z5 , Z6, Z4 y Z8 (véase la Tabla 4.47).

**Tabla 4.47 Tabla de indicadores de parche según el Análisis de paisaje.**

Unidad de paisaje	TCA (ha)	LPI	Localización con respecto a las obras
Z5	2.983,9	4,96	Sitio de presa, obras anexas, Vía sustitutiva El Valle - Ituango en el tramo El Valle- Presa
Z6	1.622,9	20,08	Cuenca media del Río San Andrés
Z4	1.044,9	3,07	Vertientes altas del Cañon del Río Cauca en el tramo del embalse
Z8	667,9	15,2	Cuenca baja del Río Ituango, en inmediaciones de la Presa

Sin embargo, a pesar de que el TCA es mayor en la unidad Z5, es la unidad Z6 la que parece tener parches de mayor tamaño aunque posiblemente de forma más alargada y, por lo tanto, con mayores áreas afectadas por el efecto de borde. En este sentido se consideran de mejor calidad ambiental los parches de bosque de las unidades Z5, que incluye los terrenos donde quedará construida la Presa y obras anexas, la vía entre El Valle y La Presa, así como la vía sustitutiva.

#### 4.1.2 Fauna

Para el estudio de cada uno de los grupos faunísticos se siguió una metodología particular acorde con sus hábitos y características ecológicas, la cual se describe al inicio de cada apartado, sin embargo, para el análisis de la información obtenida se aplicaron algunos índices ecológicos (equidad, diversidad, abundancia, y otros), comunes a todos los grupos. Para evitar la repetición innecesaria de esta información se presenta a continuación la descripción de estos índices, así como las referencias necesarias para complementar su aplicación.

Para los parámetros ecológicos se determinaron los siguientes indicadores:

- Diversidad alfa: indicadores que conjugan la riqueza (índice de diversidad de Shanon-Wiener, índice de Dominancia de Simpson, índice de riqueza de Margalef).
- Diversidad beta: para este indicador se empleo el índice de Jaccard y el de Sörensen, los cuales correlacionan la similitud de especies entre sitios.
- Diversidad (H')

Se utilizó la función (H') de Shannon – Wiener.

$$H = -\sum \frac{n_i}{\ln(n_i / N)}, \text{ donde}$$

- **H'**= Diversidad
- **n<sub>i</sub>**= Número de individuos por especie
- **N**= Número total de individuos.

El índice de Shannon-Wiener es uno de los índices de medida más simples y de uso más extenso, que mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo dado, elegido al azar dentro de la comunidad. Mide la variedad de especies de un área determinada, indicando su diversidad y frecuencia; una alta diversidad indica un alto grado de desarrollo y estabilidad de la biota; se basa en la abundancia proporcional de las especies como en su riqueza; se incrementa con el número de especies y el número de individuos.

- Equidad (J')

Se utilizó la función (J') de Pielou (1966-1967).

$$J' = H' / H' \text{ max.}$$

H' = Diversidad.

Donde

$$H' \text{ max.} = \ln S$$

S = Número de especies registradas

El índice de equidad de Pielou se tomó para indicar cómo se encuentra la abundancia de las especies dentro de la comunidad. Este índice varía entre 0 y 1, donde los valores mayores indican que no hay especies dominantes. Este índice es una medida del grado de estabilidad donde la uniformidad elevada puede interpretarse como el resultado de una larga evolución de la comunidad en un medio estable.

- Dominancia de Simpson (Ds):

Se utilizó la función (Ds)

$$H = 1 - \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}, \text{ donde}$$

- **N**= Número total de individuos.
- **n<sub>i</sub>**= Número de individuos por especie.

Para analizar si en el sitio se presenta dominancia de algunas especies, se utilizó el índice de dominancia de Simpson, el cual mide la probabilidad de que dos individuos, tomados al azar de una muestra, pertenezcan a la misma especie. El rango de variación va de 0,0 a 1,0. Si la probabilidad es alta, el predominio se hace mayor, disminuyendo los valores de la diversidad, lo que indicaría la dominancia de alguna(s) especie(s). Valores mayores o iguales a 0,7, indican que en la comunidad se presenta dominancia de un grupo en especial.



- Índice de Riqueza de Margalef

Depende del tamaño de la muestra y del tiempo empleado en el muestreo; este índice está basado en la relación entre el número de especies (S) y el número total de individuos observados (N), el cual se incrementa con el tamaño de la muestra. Los valores de este índice aumentan a medida que el número de especies crece.

Los valores de este índice varían desde 0,0 hasta infinito. Sin embargo, niveles altos de riqueza se asocian con mejores condiciones ecológicas de las comunidades.

$$D = (S-1)/\ln N, \text{ donde}$$

- **D** = índice de riqueza de Margalef
- **S** = número de especies
- **N** = número total de individuos
- **ln** = logaritmo natural

- Índice de Jaccard y Sörensen de  $\beta$  diversidad

$$\text{Índice de Jaccard } C_j = j / (a + b - j)$$

$$\text{Índice de Sörensen } C_s = 2j / (a + b)$$

Donde:

- **a** = número de especies en el sitio A
- **b** = número de especies en el sitio B
- **j** = número de especies compartidas por las comunidades objeto de comparación.

#### 4.1.2.1 Aves

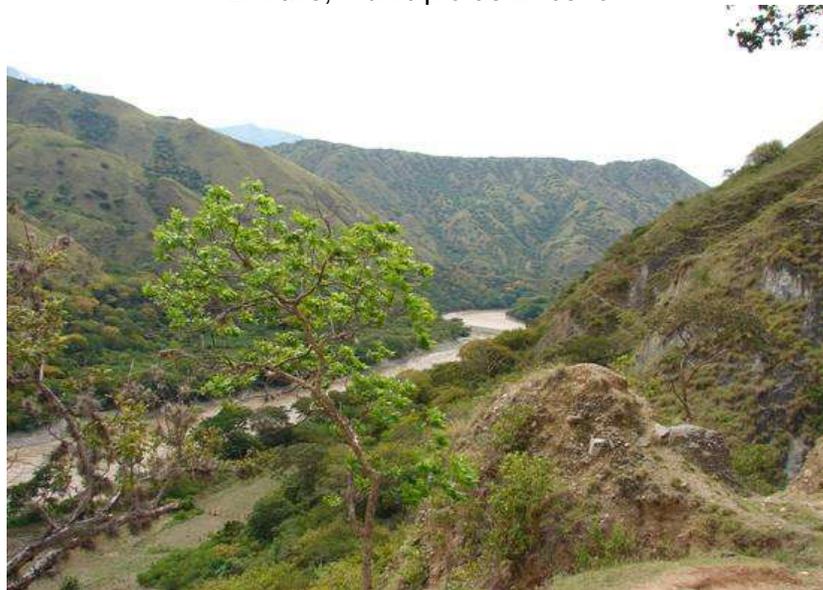
El estudio de las aves se realizó a partir de capturas con redes de niebla, y muestreo por puntos de conteo (censos) en los cuales se efectuaron registros visuales y auditivos, en las dos zonas de vida muestreadas en el área de estudio: Bosque húmedo Tropical- bh-T y Bosque Seco tropical- bs-T (Véanse las Fotografías 13 y 14). Las actividades de campo se desarrollaron en cuatro salidas (20 de julio a 3 de agosto; 28 de agosto a 11 de septiembre; 29 de septiembre a 7 de octubre; y del 13 al 17 de octubre) durante las cuales se evaluaron diferentes hábitats típicos de la región del proyecto, como bosques secundarios, bosques de galería, rastrojos altos y bajos, y pastizales, cuya localización se presenta en la Tabla 4.48 y en el Plano F-PHI-EAM-LB-AA-PE-MON.

- Muestreo con redes: Se utilizaron de tres a cinco redes de niebla tipo AXT 12, de 12 m de largo por 2,6 m de ancho, con malla extendida de 30 a 36 mm, las cuales se ubicaron en diferentes sitios durante todo el muestreo. Las redes se instalaron aproximadamente entre las 7:00 y las 16:30 horas y se revisaron cada 45 minutos (Véase la Fotografía 3). Debido a que el área de estudio era tan amplia, las redes se colocaron solamente de uno a dos días por sitio y se complementó el listado de especies con avistamientos y vocalizaciones. Los ejemplares capturados se

fotografiaron y se determinaron a partir de claves taxonómicas. A cada individuo se le determinó el sexo, el estado de madurez (juvenil o adulto), el estatus (migratoria o residente) y la condición reproductiva.



Fotografía 13: Panorámica de Bosque húmedo tropical. Sector El Valle, Municipio de Briceño



Fotografía 14. Panorámica de Bosque seco tropical, Municipio de Liborina



**Tabla 4.48. Sitios de muestreo en el área de estudio**

<b>Bosque Húmedo Tropical</b>				
<b>Municipio</b>	<b>Sitio</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud</b>	<b>Hábitat</b>
Briceño	Finca La Caparrosa Potrero El Porvenir	N 07°04'48.5" W 075°41'02.0"	620 m	B. secundario intervenido
Briceño	Finca La Caparrosa	N 07°84'36.5" W 075°40'54.7"	672 m	B. secundario intervenido
Briceño	Finca La Caparrosa	N 07°04'01.4" W 075°40'43.3"	702 m	Pastizal
Briceño	Finca La Caparrosa. desembocadura de la quebrada Chirí	N 07°05'47.4" W 075°40'17.7"	365 m	B. secundario intervenido
Briceño	Finca La Caparrosa, potrero El Caney	N 07°04'17.3" W 075°40'33.1"	846 m	Pastizal
Briceño	Finca Capitán	N 07°06'49.9" W 075°39'10.3"	1049 m	Rastrojo bajo
Briceño	Finca Capitán, Quebrada Orejón	N 07°06'25" W 075°39'22.1"	470 m	B. secundario intervenido
Ituango	Frente a la desembocadura del Río San Andrés	N 07°05'6.4" W 075°41'17.7"	270 m	B. secundario intervenido
Toledo	Corregimiento El Valle, Finca Cuní	N 07°04'39" W 075°41'31.2"	510 m	Rastrojo bajo
Ituango	Finca San Juan de Rodas	N 07°05'33" W 075°40'49"	380 m	B. secundario intervenido
Ituango	Finca San Juan de Rodas	N 07°06'30.2" W 075°40'35.5"	580 m	B. secundario intervenido
Ituango	Sector del Puente Pescadero	N 07°05'12" W 075°42'15"	320 m	B. secundario intervenido
Ituango	Corregimiento El Valle, Acueducto	N 07°03'17" W 075°40'58.0"	519 m	Rastrojo bajo
<b>Bosque Seco Tropical</b>				
Sabanalarga	Vereda Orobajo, Finca El Guayabo	N 06°14'58.4" W 075°3'51.7"	380 m	Rastrojo alto
Sabanalarga	Vereda Orobajo, Quebrada Santa María	N 07°3'36.7" W 075°45'54.9"	313 m	Rastrojo alto
Sabanalarga	Vereda Orobajo	N 07°01'34.6" W 075°47'36.4"	384 m	Rastrojo bajo
Sabanalarga	Vereda Orobajo, Finca Uvital	N 07°00'16.8" W 075°48'10.0"	713 m	B. secundario intervenido
Sabanalarga	Hacienda El Jague	N 06°55'23" W 075°48'03.7"	940 m	Pastizal
Sabanalarga	Quebrada Lla Cueva, Finca El Jague	N 06°55'56" W 075°48'26.1"	595 m	B. secundario intervenido
Sabanalarga	Hacienda Toyugana	N 06°57'29" W 075°48'33.7"	530 m	Rastrojo alto
Sabanalarga	Quebrada Quiasesco	N 06°54'55.5" W 075°48'56.7"	550 m	B. secundario intervenido
Sabanalarga	Vereda Membrillal	N 06°53'30.4" W 075°48'22.5"	900 m	Rastrojo bajo
Sabanalarga	Alto de la Trampa	N 06°54'20.5" W 075°48'37.1"	1050 m	Pastizal
Sabanalarga	El Algarrobo	N 06°57'8.7" W 075°48'25.4"	458 m	Rastrojo alto

**Tabla 4.48. Sitios de muestreo en el área de estudio. (Continuación)**

Bosque Húmedo Tropical				
Municipio	Sitio	Coordenadas	Altitud	Hábitat
Peque	Vereda Barbacoas, El Remanso	N 06°57'26.1" W 075°49'37.0"	400 m	Rastrojo alto
Peque	Vereda Barbacoas	N 06°54'42.5" W 075°50'18.2"	384 m	Pastizal
Peque	Puente de La Garrucha (margen izquierda)	N 06°52'16.5" W 075°50'42.7"	365 m	Rastrojo alto
Liborina	Canelón Blanco	N 06°40'54.5" W 075°49'53.5"	510 m	Rastrojo alto
Liborina	Quebrada Rodas	N 06°43'8.7" W 075°51'31.9"	505 m	Bosque de galería
Liborina	Quebrada La Sucia	N 06°42'44" W 075°51'21.4"	420 m	Bosque de galería
Liborina	Finca Tesorero	N 06°44'45.5" W 075°50'51"	530 m	Rastrojo alto
Liborina	Corregimiento de Angelinas	N 06°41'43.6" W 075°50'51.3"	430 m	Rastrojo bajo

De igual manera, en individuos que presentaron dificultades de identificación, se tomaron medidas de largo del ala, cola, culmen expuesto, tarso y peso para verificación posterior en el laboratorio pero no fue necesario realizar prepararon de pieles. Todos los datos se consignaron en formatos de campo (Véanse las Fotografías 15 y 16).



Fotografía 15. Instalación de redes de niebla



Fotografía 16. Captura de ejemplares en las redes de niebla

- **Conteo por puntos:** Se escogieron varios puntos al azar dentro de los hábitats seleccionados para el estudio, y de cada uno de ellos se registraron características generales como tipo de vegetación, altitud, localización y coordenadas. En cada sitio se realizaron conteos por periodos de 10 minutos, identificándolos de acuerdo con la fecha y la hora del día, registrando las especies en el orden en que fueron detectadas.

Siempre se procuró causar el mínimo de perturbación en el sitio para permitir el libre desplazamiento de las aves. Las observaciones directas se realizaron con la ayuda de binoculares (8 x 42 mm) (Véase fotografía 18).

Se diferenciaron las especies residentes de las migratorias y se hicieron observaciones sobre comportamientos específicos, hábitos alimenticios, registrando además todo indicio de nidificación en la zona y, muy especialmente, la presencia de especies endémicas.



Fotografía 17. Medición de los ejemplares capturados en las redes de niebla



Fotografía 18. Avistamiento y conteo de aves por censos en el área de estudio

La metodología empleada en este estudio combina distintas estrategias: censos visuales y auditivos, redes de niebla y entrevistas, cada una de las cuales aporta elementos complementarios para elaborar no solo un listado de especies, sino una caracterización de las poblaciones del sitio, puesto que los censos permiten cubrir un área extensa registrando numerosas especies, en tanto que las redes de niebla, aunque generan pocas capturas por unidad de tiempo, son un método idóneo para obtener información sobre la demografía de la población (proporción de juveniles, de machos y hembras) y hacen posible medir diferentes atributos de los individuos capturados, como por ejemplo: peso, tamaño, condición reproductiva, entre otros (Ralph *et al.*, 1996). Por su parte, las encuestas realizadas a los habitantes, ayudaron a identificar algunas especies y a determinar los usos que la población hace de la avifauna, ya sea para comercio o para el consumo (Véase la Fotografía 19).

Los análisis cuantitativos de la avifauna, están basados completamente en los datos de los censos realizados en cada uno de los hábitats estudiados.

Adicionalmente, se analizaron algunos atributos de cada grupo (gremios tróficos y estatus de conservación). Este análisis se realizó con base en una revisión bibliográfica para cada familia y cada especie (Weber & Cuadros, 1999; Hilty & Brown, 2001; Renjifo *et al.* 2002; Toro & Cuervo, 2002, Gutierrez *et al.* 2004; Alderfer, 2005) apoyada con las observaciones realizadas en campo.



Fotografía 19. Encuestas a los pobladores locales

## • Resultados y discusión

### - Composición taxonómica y riqueza de especies

Durante el período comprendido entre el 20 de julio y el 17 de octubre del año 2006, se registraron 129 especies de aves pertenecientes a 37 familias, en las dos zonas de vida estudiadas: Bosque Húmedo Tropical y Bosque Seco Tropical (véase la Tabla 4.49). Entre la avifauna registrada para la zona en el estudio actual se encontraron cuatro especies que son de interés por su status de conservación, a saber: la guacamaya *Ara militaris*, la pava y la guacharaca *Aburria aburri* y *Ortalis columbiana* y la tángara *Habia gutturalis*.

**Tabla 4.49. Aves registradas en la zona del Proyecto Hidroeléctrico Ituango.**

Familia	Especie	Nombre Común	Tipo de evidencia
Accipitridae (águilas, gavilanes)	<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán	A, C
	<i>Buteo nitidus</i>	Viraguao	A
	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Aguila enana, rampiñero	C
Alcedinidae (martín pescador)	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador	A, E
Ardeidae (garzas)	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza bueyera	A, E
Apodidae (vencejos)	<i>Streptoprocne zonaris</i>	golondrina collareja	A, C
Bucconidae (bobos, monjitas)	<i>Malacoptila P. Panamensis</i>	Pájaro bobo, macua	C
Caprimulgidae (chotacabras, guardacaminos)	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Gallina ciega	C, V
Cathartidae (cóndores, gallinazos)	<i>Cathartes aura</i>	Guala, Aguarcil	A, C
	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo común	A, C
	<i>Sarcoramphus papa</i>	Rey de los gallinazos	A, C
Coerebidae (conirrostrós, mieleros)	<i>Coereba flaveola</i>	Mielero	A, C
	<i>Chlorophanes spiza</i>	Mielero	C
	<i>Dacnis cayana</i>	Mielero	C
	<i>Dacnis lineata</i>	Mielero	C



**Tabla 4.49. Aves registradas en la zona del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre Común	Tipo de evidencia
Columbidae (torcazas, tórtolas)	<i>Columba cayennensis</i>	Tórtola	C, E
	<i>Columba fasciata</i>	Olivera, collareja	E
	<i>Columba subvinacea</i>	Tórtola sabanera	E
	<i>Columbina talpacoti</i>	Cutucitas, arroceras	A, C, R
	<i>Leptotila verreauxi</i>	Pechiblanca	A, C, R, V
	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola	C
Corvidae (cuervos, urracas, carrigües)	<i>Cyanocorax affinis</i>	Tiotio, coquío, pechiblanco	A, C
Cracidae (guacharacas, pavas, pavones)	<i>Aburria aburri</i>	Gurrí	E
	<i>Chamaepetes goudotii</i>	Pava	E
	<i>Ortalis columbiana</i>	Guacharaca	A, E, V
Cuculidae (cuclillos, garrapateros, cucos)	<i>Coccyzus americanus*</i>	Cuco, cuclillo	E
	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero, ciriguelo	A
	<i>Piaya cayana</i>	Cacao, pájaro arditá	
	<i>Tapera naevia</i>	Sin fin, tres pies, pasquín	A, C E, V
Cotingidae (cabezones y titiras)	<i>Pachyramphus cinnamomeus</i>		A, C
	<i>Pachyramphus rufus</i>		A, C
	<i>Tityra semifasciata</i>	Palomo de monte	E
Dendrocolaptidae (trepadores)	<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	Carpintero	A
	<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	Carpintero	C
	<i>Xiphorhynchus picus</i>	Carpintero	C
Falconidae (halcones)	<i>Falco ruficularis</i>	Rampiñero	A, C
	<i>Herpotheres cachinnans</i>	Guacó	A, C, V
	<i>Milvago chimachima</i>	Viraguao, garrapatero	A, C, V
	<i>Caracara plancus</i>		A, C
Fringillidae (gorriones, afines)	<i>Arremon aurantirostris</i>	Semillero, arrocero	A, C, V
	<i>Arremonops conirostris</i>	Semillero, arrocero	A, C, R, V
	<i>Carduelis psaltria</i>	Semillero, arrocero	C
	<i>Cyanocompsa cyanooides</i>	Semillero, arrocero	C
	<i>Pheucticus ludovicianus*</i>	Semillero, arrocero	E
	<i>Saltator coerulescens</i>	Semillero, arrocero	A, C, R, V
	<i>Saltator maximus</i>	Semillero, arrocero	A, C
	<i>Sporophila nigricollis</i>	Semillero, arrocero	A, C
	<i>Sporophila schistacea</i>	Semillero, arrocero	A, C
	<i>Tiaris olivaceus</i>	Semillero, arrocero	A, C, R
	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero, arrocero	A, C
	<i>Zonotrichia capensis</i>	Pinche	E
Formicariidae (hormigueros)	<i>Formicarius nales</i>	Gallito	A, R, V
	<i>Grallaria sp.</i>	Compra pan	V
	<i>Gymnocichla nudiceps</i>	Hormiguero	A, C
Furnariidae (horneros, coluditos, rastrojeros)	<i>Synallaxis albescens</i>	Piscuis	E
Hirundinidae (golondrinas)	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Golondrina	A, C, R
Icteridae (chamones, oropéndolas, turpiales)	<i>Icterus auricapillus</i>	Turpial	E
	<i>Icterus chrysater</i>	Turpial	A, C, V
	<i>Icterus galbula*</i>	Turpial	C
	<i>Psarocolius decumanus</i>	Gulungo	A, C, V
	<i>Scaphydura oryzivora</i>	Chamón, cunche	A, C

**Tabla 4.49. Aves registradas en la zona del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre Común	Tipo de evidencia
Mimidae (sinsontes)	<i>Mimus gilvus</i>	Sinsonte	A, C, V
Momotidae (barranqueros)	<i>Momotus momota</i>	Caracolero	E
Parulidae (reinitas)	<i>Basileuterus coronatus</i>	Reinita	A, V
	<i>Basileuterus culicivorus</i>	Reinita	A, R
	<i>Basileuterus fulvicauda</i>	Reinita	C, V
	<i>Dendroica petechia*</i>	Reinita	C
Picidae (carpinteros)	<i>Campephilus melanoleucos</i>	Carpintero	A, C
	<i>Chrysoptilus punctigula</i>	Carpintero	E
	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero	A, C, R
	<i>Picumnus olivaceus</i>	Carpinterito	C
	<i>Veniliornis kirkii</i>	Carpintero	C
Pipridae (saltarines)	<i>Machaeropterus regulus</i>	Saltarín	C
	<i>Manacus manacus</i>	Carabineros	C
	<i>Manacus vitellinus</i>	Carabineros	C
	<i>Pipra erythrocephala</i>	Saltarín	A, E
Psittacidae (guacamayas, pericos, loras)	<i>Ara militaris</i>	Guacamaya	A, C, E, V
	<i>Ara severa</i>	Guacamaya	E
	<i>Aratinga wagleri</i>	Lora maicera, perico	A, C, E, V
	<i>Forpus conspicillatus</i>	Periquito	A, C, E, V
Rallidae (pollas de agua, fochas, afines)	<i>Aramides cajanea</i>	Mochagua, chilaco, corcovado, perdiz, perdiza	E, H
Ramphastidae (tucanes, afines)	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Paletón	A, E
	<i>Ramphastos swainsonii</i>	Dio스테	E, V
Scolopacidae (andarríos, caicas)	<i>Actitis macularia</i>	Playero, Polla de agua	A, R
Strigidae (búhos)	<i>Otus choliba</i>	Buho, currucutú	E, V
Thamnophilidae (hormigueros arbóreos)	<i>Thamnophilus doliatus</i>	Hormiguero	A, C
	<i>Thamnophilus punctatus</i>	Hormiguero	A, C
Thraupidae (tangaras, afines)	<i>Eucometis penicillata</i>		C
	<i>Euphonia lanirostris</i>		A, C
	<i>Euphonia xanthogaster</i>		C
	<i>Habia gutturalis</i>		E
	<i>Hemispingus superciliosus</i>		C
	<i>Piranga olivacea*</i>		C
	<i>Piranga rubra*</i>		E
	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	Toche	A, C
	<i>Ramphocelus icteronotus</i>	Toche amarillo	A, C
	<i>Tachyphonus luctuosus</i>		A, C
	<i>Tangara cyanicollis</i>		C
	<i>Tangara gyrola</i>		A, C
	<i>Tangara larvata</i>		C
	<i>Tangara vitriolina</i>		C
	<i>Thraupis episcopus</i>	Azulejo	A, C, R
<i>Thraupis palmarum</i>	Azulejo palmero	A, C	
Trochilidae (colibríes)	<i>Amazilia tzacatl</i>	Tominejo	R
	<i>Chalybura buffonii</i>	Tominejo	C, R
	<i>Florisuga mellivora</i>	Tominejo	C
	<i>Haplophaedia aureliae</i>	Tominejo	R
	<i>Phaethornis striigularis</i>	Tominejo	C, R

**Tabla 4.49. Aves registradas en la zona del Proyecto Hidroeléctrico Ituango.. (Continuación)**

Familia	Especie	Nombre Común	Tipo de evidencia
Tyrannidae (atrapamoscas)	<i>Elaenia flavogaster</i>	Copetona	A, C, R
	<i>Machetornis risoxus</i>	Sirirí del ganado	A, C
	<i>Mionectes oleaginea</i>	Sirirí	A, C
	<i>Myiarchus panamensis</i>	Sirirí	A, R
	<i>Myiodinastes maculatus</i>	Sirirí	A, C
	<i>Myiozetetes cayanensis</i>	Sirirí	A, C, R
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Sirirí	A, E
	<i>Sayornis nigricans</i>	Guardapuentes	A, C, R
	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Sirirí	A, R
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Sirirí	A, C, R, E
	<i>Tyrannus savana*</i>	Tijereta	A, C, E
	<i>Tyrannulus elatus</i>	Sirirí	C
	<i>Todirostrum cinereum</i>	Monjitas	
Troglodytidae (cucaracheros)	<i>Campylorhynchus griseus</i>	Chupahuevos	A, C, V
	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero común	A, C, R, V
	<i>Henicorhina</i> sp.	Cucarachero	V
	<i>Thryothorus</i> sp.	Cucarachero	V
Turdidae (solitarios, mirlas)	zorzales, <i>Catharus ustulatus*</i>	Mirla buchipecosa	E
	<i>Turdus fuscater</i>	Yolia, Mirla	A, E
	<i>Turdus ignobilis</i>	Yolia, Pantanera, mayera, gogoa	A, E, R, V
Tinamidae (tinamúes)	<i>Crypturellus soui</i>	Nabra, torcaza, tinamú, naurita, mochita	A, C, E, V

**Convenciones:** \*Especies migratorias; A: avistamientos generales; C: censos; E: entrevistas a los pobladores locales; H: huellas; R: captura en redes de niebla; V: vocalizaciones.

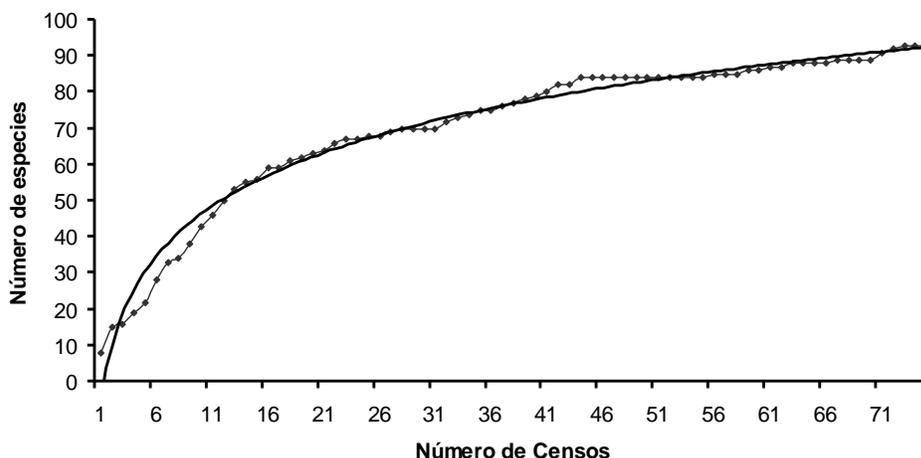
De igual manera, mediante avistamientos y encuestas, se identificaron ocho especies migratorias *Catharus ustulatus*, *Coccyzus americanus*, *Dendroica petechia*, *Icterus galbula*, *Pheucticus ludovicianus*, *Piranga olivacea*, *Piranga rubra* y *Tyrannus savana*. Estas especies se reproducen en la zona templada de Norte América y Canadá y permanecen en Colombia durante el invierno septentrional.

- **Curva de acumulación de especies**

- **Bosque Húmedo Tropical (bh-T)**

En general, la curva de acumulación de especies para esta zona, presenta una tendencia asintótica después de realizar 44 censos durante veinte días de estudio (equivalentes a siete horas y 30 minutos de esfuerzo de muestreo). Como se puede observar en la Figura 4.23. el esfuerzo de muestreo acumulado durante los veinte días fue suficiente y permite afirmar que el registro obtenido contiene la gran mayoría de las especies de avifauna de la zona. Adicionalmente, se observó una pequeña elevación en la curva al final del muestreo debida a la aparición de tres especies migratorias, correspondiendo con la época pico de migración (octubre). Tales especies fueron: *Dendroica petechia*, *Icterus galbula* y *Piranga olivacea*.

**Figura 4.23. Curva de acumulación de especies en el bosque húmedo tropical**

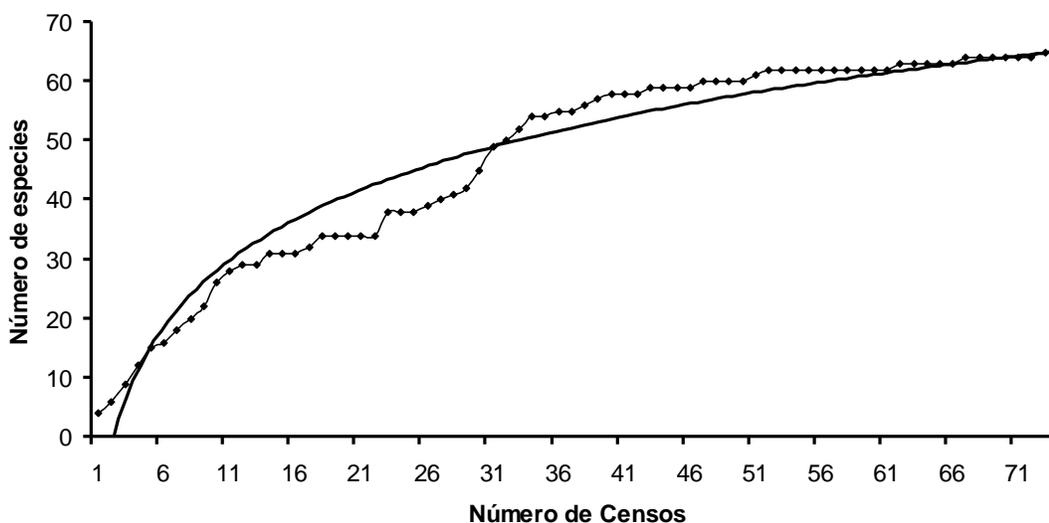


Convenciones : (Línea punteada: curva de acumulación de especies; Línea continua: Línea de tendencia)

**- Bosque Seco Tropical (bs-T)**

Para el caso del Bosque Seco Tropical, la curva de acumulación de especies presenta una tendencia asintótica después de siete horas de esfuerzo de muestreo (40 censos realizados). Como se puede observar en la Figura 4.24. el esfuerzo de muestreo acumulado durante los 24 días de estudio arroja información suficiente para establecer la composición de la avifauna presente en esta área.

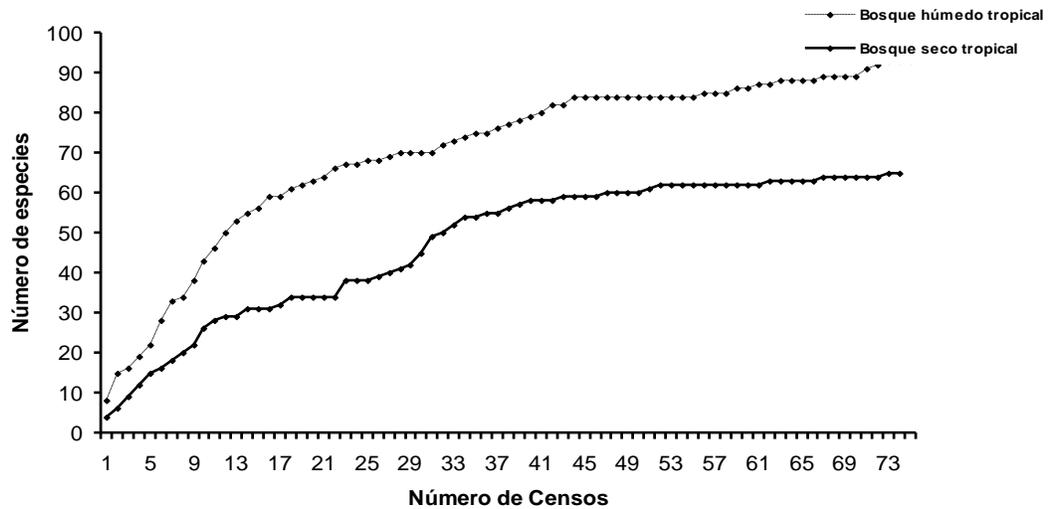
**Figura 4.24. Curva de acumulación de especies en el bosque seco tropical.**



Convenciones: Línea punteada: curva de acumulación de especies; Línea continua: Línea de tendencia

Comparando las dos curvas de acumulación de especies para los dos tipos de zona de vida (véase la Figura 4.25), se observa que aunque para el Bosque Seco Tropical la curva presenta mayores fluctuaciones, ambas curvas tienden a estabilizarse después de 7 horas de esfuerzo de muestreo durante los veinte días del estudio.

**Figura 4.25. Curva de acumulación de especies en las zonas de vida de Bosque Húmedo Tropical y Bosque seco tropical.**



- Abundancia relativa por zona de vida
- **Bosque Húmedo Tropical (bh-T)**

Se reportaron 93 especies durante los censos realizados en el bosque húmedo, de las cuales la guacamaya *Ara militaris* presentó la mayor abundancia relativa (0,025), seguido de especies como *Ramphocelus dimidiatus* (0,024), *Aratinga wagleri* (0,020), *Coragyps atratus* (0,020) y *Crotophaga ani* (0,020) como se puede observar en la Tabla 4.50 (Véanse las Fotografías 20 y 21). Véase además el Anexo 4.9.



Fotografía 20. *Ramphocelus dimidiatus*



Fotografía 21. *Aratinga wagleri*

Estas especies en particular, corresponden a hábitats abiertos y presentan hábitos muy generalistas, lo que les permite aprovechar una amplia gama de condiciones ambientales y de oferta de recursos presentes en los diferentes mosaicos del área, caracterizados por una alta intervención antrópica (rastros, pastizales, zonas cultivadas).

**Tabla 4.50. Abundancia de especies en la zona de vida bosque húmedo tropical**

Especies	Abundancia ind/t
<i>A.militaris</i>	0,025
<i>R.dimidiatus</i>	0,024
<i>T.melancholicus</i>	0,020
<i>C.ani</i>	0,020
<i>C.atratus</i>	0,020
<i>A.wagleri</i>	0,020
<i>L.verreauxi</i>	0,017
<i>T.episcopus</i>	0,016
<i>C.talpacoti</i>	0,015
<i>S.ruficollis</i>	0,012
<i>C.aura</i>	0,012
<i>S.zonaris</i>	0,012
<i>S.coerulescens</i>	0,012
<i>C.affinis</i>	0,012
<i>P.decumanus</i>	0,011
<i>E.xanthogaster</i>	0,011
<i>M.chimachima</i>	0,009
<i>S.nigricollis</i>	0,009
<i>Z.auriculata</i>	0,009
<i>M.maculatus</i>	0,009
<i>E.lanirostris</i>	0,009
<i>M.rubricapillus</i>	0,008
<i>T.ignobilis</i>	0,008
<i>C.griseus</i>	0,008
<i>B.magnirostris</i>	0,008
<i>P.cinnamomeus</i>	0,008
<i>A.conirostris</i>	0,007
<i>T.palmarum</i>	0,007
<i>P.rufus</i>	0,007
<i>S.nigricans</i>	0,007
<i>T.luctuosus</i>	0,005
<i>O.columbiana</i>	0,005
<i>C.soui</i>	0,005
<i>M.oleaginea</i>	0,005
<i>T.olivaceus</i>	0,005
<i>E.flavogaster</i>	0,005



**Tabla 4.50. Abundancia de especies en la zona de vida bosque húmedo tropical (Continuación)**

Especies	Abundancia ind/t
<i>M.cayanensis</i>	0,005
<i>P.cayana</i>	0,005
<i>T.cyanicollis</i>	0,005
<i>C.flaveola</i>	0,005
<i>T.vitriolina</i>	0,005
<i>D.cayana</i>	0,004
<i>C.cayennensis</i>	0,004
<i>B.fulvicauda</i>	0,004
<i>H.cachinans</i>	0,004
<i>C.cyanoides</i>	0,004
<i>S.papa</i>	0,004
<i>A.aurantiiostris</i>	0,004
<i>T.torquatus</i>	0,004
<i>T.cinereum</i>	0,003
<i>M.gilvus</i>	0,003
<i>C.fasciata</i>	0,003
<i>C.psaltria</i>	0,003
<i>S.schistacea</i>	0,003
<i>P.strigularis</i>	0,003
<i>Grallaria</i> sp.	0,003
<i>R.icteronotus</i>	0,003
<i>T.doliatus</i>	0,003
<i>I.chrysater</i>	0,003
<i>G.nudiceps</i>	0,003
<i>T.naevia</i>	0,003
<i>G.swainsonii</i>	0,003
<i>T.punctatus</i>	0,003
<i>F.analis</i>	0,003
<i>B.culicivorus</i>	0,003
<i>D.petechia</i>	0,003
<i>I.galbula</i>	0,003
<i>P.olivaceus</i>	0,001
<i>N.albicollis</i>	0,001
<i>M.regulus</i>	0,001
<i>D.lineata</i>	0,001
<i>C.buffonii</i>	0,001
<i>S.oryzivora</i>	0,001
<i>C.spiza</i>	0,001
<i>F.mellivora</i>	0,001
<i>T.gyrola</i>	0,001
<i>T.larvata</i>	0,001
<i>V.kirkii</i>	0,001

**Tabla 4.50. Abundancia de especies en la zona de vida bosque húmedo tropical. (Continuación)**

Especies	Abundancia ind/t
<i>H.superciliaris</i>	0,001
<i>Henicorhina</i> sp.	0,001
<i>M.panamensis</i>	0,001
<i>R.swainsonii</i>	0,001
<i>T.aedon</i>	0,001
<i>M.manacus</i>	0,001
<i>M.rixosus</i>	0,001
<i>C.plancus</i>	0,001
<i>X.guttatus</i>	0,001
<i>M.vitellinus</i>	0,001
<i>E.penicillata</i>	0,001
<i>T.elatus</i>	0,001
<i>V.jacarina</i>	0,001
<i>P.olivacea</i>	0,001
<i>M.panamensis</i>	0,001

En particular *Ara militaris* y *Aratinga wagleri* se observaron dentro de grupos que realizan desplazamientos a grandes distancias. Esta capacidad, denominada conectividad, es un factor importante para el mantenimiento de las poblaciones en hábitats fuertemente fragmentados (Renjifo, 1999). Adicionalmente, debido a sus llamativos colores y fuertes sonidos, las guacamayas *A. militaris* y loras *A. wagleri* son especies de fácil detección.

#### - Bosque Seco Tropical (bs-T)

En la zona de bosque seco tropical se observaron 65 especies durante los censos, siendo las de abundancia relativa más alta *Campylorhynchus griseus* (0,046), *Leptoptila verreauxi* (0,041), *Icterus chrysater* (0,039), como se puede observar en la Tabla 4.51. Al igual que para el bosque húmedo, estas especies son principalmente de hábitos generalistas, encontrándose fácilmente tanto en zonas de bosque intervenido como en zonas abiertas. Véase además el Anexo 4.10.

**Tabla 4.51. Abundancia de especies en la zona de vida bosque seco tropical**

Especies	Abundancia ind/t
<i>C.griseus</i>	0,046
<i>L.verreauxi</i>	0,041
<i>I.Chrysater</i>	0,039
<i>C.ani</i>	0,036
<i>C.talpacoti</i>	0,034
<i>C.affinis</i>	0,030
<i>A.militaris</i>	0,028
<i>S.ruficollis</i>	0,028
<i>M.cayanensis</i>	0,019
<i>T.melancholicus</i>	0,018
<i>P.decumanus</i>	0,018



**Tabla 4.51. Abundancia de especies en la zona de vida bosque seco tropical (Continuación)**

Especies	Abundancia ind/t
<i>M.gilvus</i>	0,016
<i>T.episcopus</i>	0,015
<i>R.dimidiatus</i>	0,015
<i>M.rubricapillus</i>	0,014
<i>C.atratus</i>	0,014
<i>S.zonaris</i>	0,012
<i>M.maculatus</i>	0,012
<i>F.conspicillatus</i>	0,012
<i>T.cinereum</i>	0,011
<i>A.wagleri</i>	0,011
<i>C.melanoleucos</i>	0,011
<i>M.chimachima</i>	0,009
<i>T.ignobilis</i>	0,009
<i>M.risoxus</i>	0,009
<i>C.punctigula</i>	0,008
<i>E.flavogaster</i>	0,008
<i>T.naevia</i>	0,008
<i>H.cachinans</i>	0,007
<i>G.swainsonii</i>	0,007
<i>S.nigricans</i>	0,007
<i>B.magnirostris</i>	0,005
<i>T.olivaceus</i>	0,005
<i>R.icteronotus</i>	0,005
<i>P.cinnamomeus</i>	0,005
<i>T.vitriolina</i>	0,004
<i>C.subvinacea</i>	0,004
<i>Z.auriculata</i>	0,004
<i>C.aura</i>	0,004
<i>T.palmarum</i>	0,004
<i>H.superciliaris</i>	0,004
<i>B.nitidus</i>	0,004
<i>S.coerulescens</i>	0,004
<i>C.soui</i>	0,004
<i>P.olivaceus</i>	0,004
<i>X.picus</i>	0,004
<i>X.guttatus</i>	0,003
<i>F.ruficularis</i>	0,003
<i>B.culicivorus</i>	0,003
<i>M.panamensis</i>	0,003
<i>P.rufus</i>	0,003
<i>S.nigricollis</i>	0,003
<i>T.savana</i>	0,003
<i>C.buffonii</i>	0,001
<i>A.tzacatl</i>	0,001
<i>T.doliatus</i>	0,001
<i>Thryotorus</i> sp.	0,001
<i>C.plancus</i>	0,001
<i>E.laniirostris</i>	0,001

**Tabla 4.51. Abundancia de especies en la zona de vida bosque seco tropical. (Continuación)**

Especies	Abundancia ind/t
<i>T.aedon</i>	0,001
<i>C.cayennensis</i>	0,001
<i>F.analis</i>	0,001
<i>S.maximus</i>	0,001
<i>A.macularia</i>	0,001
<i>P.cayana</i>	0,001

En particular *Campylorhynchus griseus*, es una especie muy conspicua debido a sus ruidosos llamados y a su gran tamaño con respecto a los otros miembros de la familia Troglodytidae, caracterizada por especies pequeñas como los cucaracheros (Hilty y Brown, 2001). Esta especie es muy común en zonas áridas y semiáridas, donde abundan elementos xéricos típicos del Bosque Seco Tropical, como cactus y matorrales, y construye sus nidos cerca de las viviendas, donde se observó con frecuencia. Es conocida comúnmente con el nombre de “chupahuevos” porque perfora los huevos de las gallinas, razón por la cual es perseguida por los campesinos. Por otro lado, la tórtola *Leptoptila verreauxi* fue ampliamente avistada en todos los hábitats censados (pastizales, rastrojos alto y bajo y bosque secundario); otra especie de fácil detección fue el turpial *Icterus chrysater*, debido a sus llamativos colores y fuertes vocalizaciones.

En general, el modelo de distribución de abundancias de la comunidad de aves en el área de estudio presenta la típica forma de “J” invertida, en donde algunas pocas especies presentan altas densidades, mientras que la mayoría de las especies están representadas por pocos individuos. En este orden de ideas, las especies más sobresalientes son generalistas en cuanto a sus requerimientos básicos, y pueden adaptarse y resistir a la fragmentación, encontrándose en una amplia gama de hábitats, desde relativamente conservados hasta otros muy perturbados.

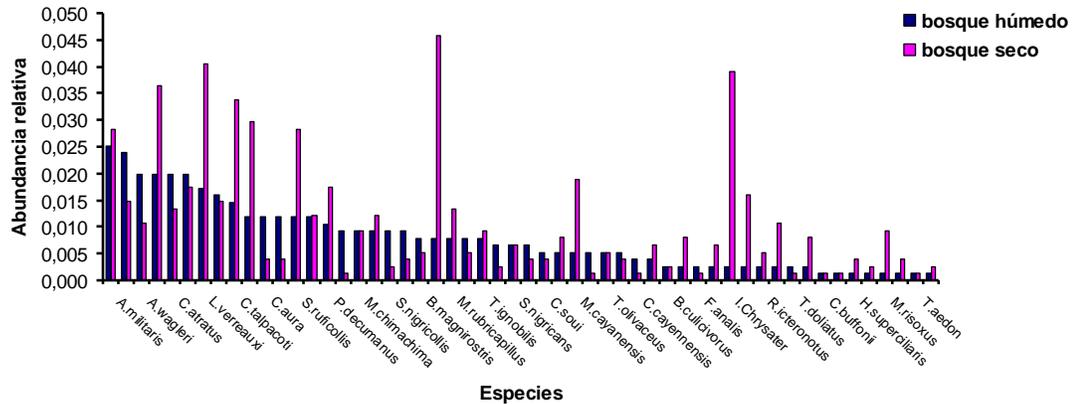
• **Abundancia relativa de las especies comunes en las dos zonas de vida con diferente cobertura.**

Se encontraron 54 especies comunes para los dos tipos de bosque estudiados, siendo las más abundantes *Ara militaris*, *Ramphocelus dimidiatus*, *Aratinga wagleri*, *Crotophaga ani*, *Coragyps atratus*, como se puede observar en la Figura 4.26. Sin embargo, comparando las dos zonas de vida, se observó que el Bosque Seco Tropical presentó una mayor abundancia de especies con respecto al Bosque Húmedo.

Este resultado puede estar relacionado con una alta disponibilidad de frutos del cactus *Opuntia* sp. (Familia Cactaceae) conocida en la zona como “Penca oreja de vaca”, que produce unos frutos rojos, conocidos como “pitahaya silvestre”, muy apetecidos por la avifauna (véanse las Fotografías 22 y 23).

Algunas de las especies que visitaron a *Opuntia* sp. fueron los azulejos (*Thraupis episcopus*), el turpial (*Icterus chrysater*), grandes grupos de gulungos (*Psarocolius decumanus*), sinsontes (*Mimus gilvus*) y el copetón (*Elaenia flavogaster*). De igual manera se observaron los colibríes *Amazilia tzacatl* y *Chalybura buffonni* extrayendo néctar de las flores.

**Figura 4.26. Abundancia relativa de las especies comunes presentes en las dos zona de vida**



Fotografía 22. *Opuntia* sp. Familia Cactaceae, especie muy abundante en la zona de bs-T



Fotografía 23. Fruto "pitahaya silvestre" de *Opuntia* sp

Por otro lado, en el Bosque Seco Tropical la mayoría de la vegetación estaba conformada por cactus y matorrales espinosos, que en muchos casos permitían tener una visión más amplia, en contraste con el bosque húmedo, donde se observó un dosel más cerrado limitando la observación de las aves.

Para el caso del Bosque Húmedo Tropical, una de las especies más visitadas por la avifauna fue el *Ficus andicola* (Familia Moraceae) conocido comúnmente como "lechero" (Véanse las Fotografías 24 y 25) que presentaba frutos amarillos, carnosos, muy palatables para diversas especies de tángaras (*Euphonia lanirostris*, *Ramphocelus dimidiatus*, *Ramphocelus icteronotus*, *Thraupis episcopus*, *Thraupis palmarum*), los migratorios (*Dendroica petechia*, *Icterus galbula* (macho y hembra), *Piranga olivacea*), la mirla (*Turdus ignobilis*), el tío ( *Cyanocorax affinis*) y tiranidos como *Elaenia flavogaster* y *Miarchus panamensis*.



Fotografía 24. *Ficus andicola* (Familia Moraceae)



Fotografía 25. Frutos de *Ficus andicola*

En el transcurso del estudio se obtuvieron evidencias de gran actividad reproductiva no sólo por los numerosos nidos observados (Véanse las Fotografías 26 y 27), sino también por la gran cantidad de parejas construyendo nidos o alimentando polluelos, y porque algunos de los individuos capturados presentaron parche de incubación, en el caso de las hembras, o protuberancia cloacal, en el caso de los machos (*Campylorhynchus griseus*, *Cyanocompsa cyanooides*, *Myiodinastes maculatus*, *Pachyramphus cinnamomeus*, *Ramphocelus dimidiatus*, *Todirostrum cinereum*, *Troglodytes aedon*, *Saltator coerulescens*, entre otras).



Fotografía 26. Nido de *Campylorhynchus griseus* (pájaro chupahuevos)



Fotografía 27. Nido de *Todirostrum cinereum*

#### • Diversidad Alfa ( $\alpha$ )

La diversidad  $\alpha$  implica índices de riqueza y otros basados en la combinación de riqueza y abundancia. La riqueza de especies, es decir, el número de especies en una comunidad o ecosistema, es la medida más simple de biodiversidad, en tanto que la equidad trata de cuantificar la distribución heterogénea de la abundancia de las especies la cual alcanzaría un valor máximo en una comunidad hipotética en la cual todas las especies son

igualmente comunes. En la naturaleza se observa que la gran mayoría de las comunidades se caracterizan por la dominancia de unas pocas especies, acompañadas de otras relativamente raras o poco comunes (Krebs, 1989). Para este estudio, sólo se consideraron dos zonas de vida que incluyen a su vez diversos hábitats: Bosque húmedo tropical (bh-T) y Bosque seco (bs-T). En general, para la zona de estudio, los valores más altos de diversidad y riqueza de especies fueron encontrados en el Bosque Húmedo Tropical, con un índice de Shannon y Margalef de 1,808 y 39,039 con respecto a 1,607 y de 38,029 para el Bosque Seco Tropical, como se puede observar en la Tabla 4.52.

**Tabla 4.52. Diversidad  $\alpha$  para las dos zonas de vida.**

Índices	Bosque húmedo tropical	Bosque seco tropical
Shannon H' Log Base 10	1,808	1,607
Simpson Diversidad (D)	0,018	0,031
Margaleff M Base 10	39,039	38,029

Los valores de diversidad estimada con el índice de Simpson fueron más altos para el bosque seco (0,031), con respecto al bosque húmedo (0,018). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que este índice es afectado por las especies más numerosas dentro de una comunidad, por lo que indirectamente sirve como un índice de dominancia.

Estos resultados no presentan diferencias muy grandes para cada una de las zonas de vida y pueden explicarse debido a las condiciones que ofrecen cada una de ellas. En general, existen muchos factores que influyen en la riqueza de especies (variabilidad climática, productividad del ambiente, las perturbaciones físicas, depredación, competencia, heterogeneidad espacial, entre otras), de todos modos, todos ellos desempeñan un papel importante en la estructura final de la comunidad y por ende influyen en forma diferente de acuerdo con las condiciones presentes en cada tipo de bosque (Murdoch, 1994).

Adicionalmente, para las dos zonas de vida, la intervención antrópica ha generado una alteración en el ambiente y en las comunidades que allí habitan (véanse las Fotografías 28 y 29).



Fotografía 28. Maquinaria empleada para la minería en el Bosque Seco Tropical



Fotografía 29. Lavado para extracción de oro



Por un lado, la tala de la vegetación natural no solamente destruye los hábitats para las especies, sino que fracciona y aísla los bosques o hábitats en pequeñas unidades escasamente interconectadas que pierden capacidad para mantener poblaciones viables, trastornan el microclima y provocan la desaparición de las especies altamente especializadas, favoreciendo el establecimiento de predadores oportunistas, la diseminación de parásitos, alteran los sistemas de polinización y los ensambles de especies coadaptadas, interfieren con el ciclo de nutrientes, cambian los flujos locales de materia y energía, afectan dramáticamente las interacciones entre las especies y provocan muchos otros impactos negativos.

Así mismo, la substitución de la cobertura boscosa por pastizales acarrea una disminución de la evapotranspiración, incrementa los niveles de agua de escorrentía y el lavado de nutrientes, aumenta la erosión del suelo y puede provocar eventos regionales extremos de sequía e inundación (Instituto Humboldt, 1998; Primack *et al.* 2001).

- **Diversidad Beta ( $\beta$ )**

La  $\beta$  diversidad es esencialmente una medida que indica qué tan similares o diferentes son varios hábitats en términos de la variedad y, algunas veces, de la abundancia de especies que se encuentran en ellos; de ahí que una manera muy común de medir la  $\beta$  diversidad es comparar la composición específica de diferentes comunidades. Así, mientras menor sea el número de especies que comparten las comunidades comparadas, mayor será  $\beta$  diversidad (Magurran, 1988).

Para medir la  $\beta$  diversidad se utilizaron en este estudio como coeficientes de similaridad los índices de Jaccard y Sørensen. Estos índices están diseñados para que en casos de completa similaridad (cuando las dos series de especies son idénticas) sean iguales a uno, o iguales a cero, si los sitios no tienen especies comunes (Magurran, 1988).

Los valores obtenidos de estos índices fueron de 0,52 para Jaccard y 0,69 Sørensen, lo que indica que las dos zonas de vida presentan una similitud media-alta, compartiendo al menos 54 especies (42 % del total) en su gran mayoría de hábitos generalistas. Estos resultados al igual que los obtenidos para los índices de diversidad  $\alpha$  pueden estar estrechamente relacionados con el hecho de que esta zona presenta unas características transicionales entre las dos zonas de vida, donde se comparten, al menos desde el punto de vista temporal factores de tipo climático que admiten la presencia simultánea de especies de una y otra zona.

- **Gremios Tróficos**

El amplio conocimiento que se tiene sobre las aves, ha permitido determinar su tipo de alimentación y sus estrategias de forrajeo. Con base en esta información, una especie puede asignarse a un gremio trófico dependiendo de la composición predominante de su dieta, de sus adaptaciones anatómicas y de su comportamiento alimenticio.

Un gremio trófico es un grupo de especies que explotan un recurso alimenticio de la misma manera (Willis, 1979), estos datos pueden ser útiles para determinar cómo cambia la composición de la avifauna respecto a la variación de los recursos alimenticios (Loiselle & Blake, 1992). Por ejemplo, en el caso de las aves del bosque, la fragmentación y la pérdida de cobertura puede afectarlas considerablemente, llevándolas incluso a la extinción (Kattan *et al.*, 1994; Renjifo, 1999).

En la Tabla 4.53 se presenta la distribución de las familias en los diferentes gremios tróficos.

**Tabla 4.53. Distribución de familias por gremio trófico.**

Familias	Gremio Trófico	Número de Especies	Porcentaje
Accipitridae, Falconiidae, Strigidae	Carnívoro (Ca)	8	6
Alcedinidae, Ardeidae	Piscívoro (P)	2	2
Apodidae, Bucconidae, Caprimulgidae, Cuculidae, Dendrocolaptidae, Formicariidae, Furnariidae, Hirudinidae, Parulidae, Picidae, Rallidae, Tyrannidae, Trogloditidae, Thamnophilidae	Insectívoro (I)	44	33
Cathartidae	Carroñero (C)	3	2
Coerebidae, Trochilidae	Nectarívoro e insectívoro (N e I)	9	7
Columbidae	Granívoro (G)	6	5
Corvidae, Cracidae, Mimidae, Momotidae, Ramphastidae, Turdidae	Omnívoro (O)	11	9
Cotingidae, Icteridae, Pipridae, Psittacidae, Thraupidae, Tinamidae	Frugívoro (F)	33	26
Fringillidae	Semillero y Frugívoro (S y F)	12	9
Scolopacidae	Invertebrados y moluscos (I y M)	1	1
<b>Total</b>		<b>129 sp.</b>	<b>100%</b>

Entre los diversos gremios tróficos presentes en el área de estudio (10), los insectívoros tienen la mayor diversidad de especies (33%), donde las familias Dendrocolaptidae (tres especies) y Furnariidae (una especie) involucran insectívoros de sotobosque. Estudios previos en los que se ha documentado la diversidad de avifauna actual, respecto de la documentada históricamente (Kattan *et al.*, 1994; Renjifo, 1999), indican que este gremio trófico es el que más especies ha perdido. Igualmente, los frugívoros, con 26% de las especies, son importantes para la dispersión de semillas y también son bastante susceptibles a la extinción (Kattan *et al.*, 1994).

• **Especies endémicas y con problemas de conservación.**

En el presente estudio se encontraron dos especies endémicas, *Ortalis colombiana* y *Habia gutturalis*, las cuales están incluidas en el Libro rojo de Aves de Colombia (2002) consideradas dentro de alguna categoría de peligro de extinción (véase la Tabla 4.54). *Habia gutturalis* hace parte de la categoría “Casi amenazadas (NT)” cuyos hábitats están siendo destruidos en forma acelerada, y *Ortalis colombiana*, aunque se encuentra en “Bajo riesgo (LR)”, es una especie muy perseguida por los cazadores de la región para el consumo humano (Véase la Fotografía 30).

**Tabla 4.54. Especies de aves registradas en el área de estudio y clasificadas como en alguna categoría de riesgo. Fuente: Libro rojo de Aves de Colombia (2002)**

Familia	Especie	Categoría de amenaza	Posibles factores de extinción
Cracidae	<i>Aburria aburri</i>	Bajo Riesgo (LR)	Fragmentación, pérdida de hábitat, cacería
	<i>Ortalis columbiana</i> *	Bajo Riesgo (LR)	
Psittacidae	<i>Ara militaris</i>	Vulnerable (Vu)	Fragmentación, pérdida de hábitat
Thraupidae	<i>Habia gutturalis</i> *	Casi amenazada (NT)	Fragmentación y pérdida de hábitat

\* Especies endémicas para Colombia

Otras dos especies observadas en la zona, y que están incluidas en el Libro Rojo, son la pava *Aburria aburri* (Cracidae), catalogada en “Bajo riesgo (LR)”, pero que, como todos los miembros de su familia, es perseguida por la calidad de su carne, y la guacamaya *Ara militaris*, clasificada en la categoría “Vulnerable (Vu)”, la cual es abundante en el área de estudio.

Entre los factores causantes del riesgo de extinción, el que más afecta a las aves es la fragmentación de los hábitats, el cual ocasiona pérdida de hábitat disponibles y genera el aislamiento de aquellas especies de baja movilidad. Aunque algunas especies son menos sensibles a este factor porque tienen gran habilidad para el vuelo, existen otros elementos de riesgo que pueden actuar ya sea de forma aislada o de manera sinérgica (Kattan *et al.*, 1994).

Por ejemplo, en la zona de estudio se observaron los gavilanes (*Buteo nitidus* o *Buteo magnirostris*), considerados por los campesinos como animales dañinos porque se comen los pollos, un comportamiento que, siendo natural, anima a los niños a atacarlos con caucheras (Véase la Fotografía 31). Otras especies de pájaros pequeños son cazados o capturados sin justificación aparente reflejando el bajo grado de educación ambiental de la población.



Fotografía 30. *Ortalis Columbiana* (mascota en una casa cerca al puente pescadero)



Fotografía 31. *Buteo nitidus* apedreado cerca al corregimiento de Angelinas (Liborina)

También se observó que varias especies de tórtolas son utilizadas como fuente de proteína, en tanto que otras como el sinsonte (*Mimus gilvus*), turpial (*Icterus auricapillus*),

periquitos (*Forpus conspicillatus*) y como mascotas se observó la lora *Aratinga wagleri*, la guacamaya *Ara militaris* y los azulejos *Thraupis episcopus* (Véanse las Fotografías 32 y 33) son capturadas para el comercio.



Fotografía 32. Guacamaya *Ara militaris* en cautiverio



Fotografía 33. *Thraupis episcopus* en cautiverio

- **Comparación con estudios anteriores.**

Según la Evaluación Ambiental preliminar (Integral, 1999), con base en datos históricos disponibles desde 1879 hasta 1998, en el área de estudio se han observado 283 especies de aves pertenecientes a 48 familias. Aunque no es adecuado hacer un análisis cuantitativo sobre estos valores, debido a diferencias en factores como la estrategia y temporalidad de los muestreos, sí es evidente que al comparar las cifras generales con las obtenidas en el presente estudio (Véase la Tabla 4.55) se percibe una disminución apreciable en el número total de especies y familias.

**Tabla 4.55. Resumen especies reportadas en el anterior y el presente estudio.**

Aspecto	Estudios previos (1879-1998)	Presente estudio (2006)
Número de especies reportadas	283	129
Número de familias reportadas	48	37
Especies endémicas	5	2
Especies migratorias reportadas	14	8

Aunque algunos grupos de especies han permanecido en el área desde hace más de cien años, otros grupos han aparecido y desaparecido de manera intermitente. En particular se encontró que para ambos casos existe un predominio de aves insectívoras (46% anterior vs. 33% presente estudio) lo cual podría explicarse porque la zona de estudio ha sido intervenida desde la época de la conquista, caracterizándose por la predominancia de hábitats abiertos (potreros y rastrojos) que ofrecen abundante cantidad de insectos. En contraste, las especies carnívoras, piscívoras y carroñeras son grupos menos representados en las comunidades.

De otra parte, en la Evaluación Ambiental Preliminar, las aves constituyen el grupo faunístico más variado y abundante, con respecto a los otros vertebrados estudiados (herpetofauna y mamíferos), y pueden considerarse así mismo como el que mejor refleja



las condiciones de intervención del paisaje. Aproximadamente el 50% de las especies dentro de las familias Accipitridae, Apodidae, Cathartidae, Columbidae, Corvidae, Falconidae, Fringillidae, Icteridae, Thraupidae, Trogloditidae Tyrannidae, Turdidae, entre otras, tienen un amplio rango de hábitat dentro del área.

Para el área de estudio, la Evaluación Ambiental Preliminar reporta cinco especies endémicas: el paujil (*Crax alberti*), un capitónido (*Capito hypoleucus*), el mosquerito antioqueño (*Phylloscartes lanyoni*), el habia de cresta (*Habia cristata*) y el habia tisnada (*Habia gutturalis*) y seis casi-endémicas: el periquillo (*Pionopsitta pyrilia*), la soledad (*Trogon comptus*), el tucán (*Rhamphastos brevis*), un furnarido (*Margarornis stellatus*), el cucarachero (*Thryothorus spadix*) y la tångara (*Tangara vitriolina*), mientras para el presente estudio solo se pudo identificar, mediante encuestas y vocalizaciones, a la guacharaca *Ortalis columbiana* y el *Habia gutturalis*. Sin embargo, ambos estudios se reportan en común los migratorios: el turpial (*Icterus galbula*), el cuco americano (*Coccyzus americanus*), *Pheucticus ludovicianus* y el abejero (*Piranga rubra*).

Se sigue observando en la zona la explotación de algunas especies como pavas de monte (*Chamaepetes goudotii*), guacharacas (*Ortalis columbiana*), nauritas (*Crypturellus soui*), y tórtolas (*Columba cayennensis*, *Leptotila verreauxi*, *Zenaida auriculata*, *Colombina talpacoti*) para el consumo doméstico.

#### • Conclusiones.

- Se registraron en total 129 especies de aves, pertenecientes a 37 familias; el listado de especies incluyó 8 especies migratorias y 4 especies con problemas de conservación. La mayoría de los registros (103 especies) fueron determinados mediante avistamientos directos dentro del área de estudio y se capturaron 23 especies; de manera indirecta, los registros auditivos y entrevistas complementaron satisfactoriamente el listado de especies.
- Las familias que registraron un mayor número de especies fueron Thraupidae con 16 especies (12%), Tyrannidae con 13 especies (10%), Fringillidae 12 especies (9%), Columbidae 6 especies (5%) y las familias Formicaridae Icteridae, Picidae y Trochilidae con 5 especies cada una (4%). Dentro de las familias restantes se vieron cuatro especies o menos.
- Las especies más abundantes en las dos zonas de vida (Bosque Húmedo Tropical y Bosque Seco Tropical) *Ara militaris*, *Aratinga wagleri*, *Ramphocelus dimidiatus*, *coragyps atratus*, *crotophaga ani*, *Leptotila verreauxi* y *Campylorhynchus griseus*, son en su mayoría especies generalistas en cuanto a sus requerimientos básicos, y pueden adaptarse y resistir a la fragmentación, encontrándose fácilmente tanto en sitios perturbados como en sitios relativamente conservados.
- Las zonas de vida de interés para el proyecto presentan una similitud media-alta, observándose que comparten 54 especies (en su mayoría especies generalistas). Estos resultados al igual que los índices de diversidad  $\alpha$  sugieren que ambas zonas de vida presentan características similares y que las diferencias existentes entre ellas pueden estar más relacionadas con factores de tipo climático, perturbaciones físicas, depredación, competencia, heterogeneidad espacial (tipos de hábitat), productividad del ambiente, entre otras.



- Se encontraron diez gremios tróficos para las especies presentes en el área de estudio, siendo los insectívoros los que presentaron el mayor número de especies (33%) seguido de los frugívoros (26%), ambos gremios desempeñan un papel muy importante dentro del ecosistema como controladores biológicos y como dispersores de semillas.
- En el presente estudio se encontraron dos especies endémicas para Colombia consideradas dentro de alguna categoría de peligro: *Ortalis colombiana* catalogada como de “Bajo riesgo (LR)” y *Habia gutturalis* clasificada como “Casi amenazada (NT)”.
- En general las aves constituyen el grupo faunístico mayormente representado con respecto a los otros vertebrados estudiados (herpetofauna y mamíferos).

#### ● **Recomendaciones.**

- Conocer la composición, estructura y funcionamiento de la diversidad es un requisito indispensable para propiciar su conservación y uso sostenible. Sobre esta base, las herramientas como inventarios y monitoreos deben ir ligados con proyectos de investigación con especies particulares, que permitan conocer más sobre aspectos ecológicos, en particular sobre sus fluctuaciones estacionales, pues son las bases para establecer las tendencias poblacionales de algunas especies de aves y poder determinar si está ocurriendo algún proceso de declinación a nivel local.
- La eliminación de los hábitats naturales constituye la principal amenaza para la conservación de la fauna ya que provoca su desaparición, como consecuencia de la destrucción de los refugios, los lugares de reproducción y las fuentes de alimento, así como del aislamiento y la fragmentación de las poblaciones. Este proceso de destrucción se está observando dentro del área de estudio mediante la acelerada transformación de los parches de bosque en potreros para la ganadería y la actividad minera. Se recomienda entonces, de manera urgente, reevaluar las condiciones actuales de toda la zona para realizar los correctivos necesarios y de esta manera minimizar el impacto dentro del área.
- Se requiere enfatizar en el componente educativo, para lograr crear una mayor conciencia sobre el valor de la vida silvestre entre los pobladores locales y disminuir la presión que se ejerce sobre ella.

#### **4.1.2.2 Mamíferos**

Los mamíferos ocupan, prácticamente, todos los ambientes del mundo, desde los gélidos polos hasta los desiertos calinantes. La sustitución de muchos ecosistemas naturales por otros artificiales, culturales y obras de infraestructura, implican una readaptación de la fauna nativa a las nuevas condiciones ambientales, ocurriendo entonces que algunas especies de mamíferos aumentan sus poblaciones transformándose en plagas, mientras que otras disminuyen ostensiblemente. Las principales causas de desaparición de la fauna de mamíferos son la masiva destrucción de sus hábitats, la caza y persecución indiscriminada, y la destrucción de los recursos alimenticios que estos vertebrados necesitan para sobrevivir (flora y sus presas silvestres).

Se debe tener en cuenta que los mamíferos sirven como indicadores biológicos sobre el estado del medio ambiente. La pérdida de conectividad entre los remanentes de la



vegetación (fragmentación de los bosques) repercute con mayor fuerza sobre el grupo de los mamíferos, los cuales son más sensibles debido a que por su tamaño y jerarquía evolutiva presentan requerimientos de espacio y territorio más exigentes que los que pueden tener organismos de otros grupos vertebrados o de invertebrados como insectos.

Generalmente, a medida que los mamíferos son de mayor tamaño, requieren territorios más extensos y exhiben poblaciones de baja densidad. Estas especies, ya sean herbívoras u omnívoras, cumplen una función decisiva en la dinámica del paisaje y en la regulación de las cadenas tróficas, por lo tanto, la pérdida de una de ellas puede ser indicativa de una degradación irreversible del ecosistema.

Por ejemplo, los herbívoros juegan un papel crucial en la estructura y distribución espacial de las comunidades vegetales. En el caso de los primates, un grupo muy selectivo que necesita condiciones específicas para sobrevivir, son particularmente sensibles a la degradación del medio forestal. Por su parte, los carnívoros representan un grupo taxonómico clave para determinar el nivel de salud del ecosistema ya que por sus características ecológicas son los que demandan mayores áreas y biomasa alimenticia para su supervivencia. La desaparición de los carnívoros puede tener un efecto negativo en una zona agrícola porque permite el desarrollo exagerado de algunas especies dañinas como es el caso del grupo de los roedores (Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2006).

La UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) ha establecido que las especies de mamíferos con graves problemas de conservación han aumentado notoriamente en los últimos años. De 535 especies en 1990, se incrementó a 741 en 1994 y, a 1.096 en 1996. Del total de mamíferos en el mundo, el 4% está en Peligro Crítico, el 7% En Peligro, y el 14% es Vulnerable.

En Colombia se encuentran en problemas de conservación 60 especies (23,5%) del total de especies terrestres no voladoras ni acuáticas registradas (255 especies), las cuales se dividen, según el riesgo de extinción (Rodríguez, 1998), en: LRca (bajo riesgo casi amenazadas), 22 especies (36,6%); CR (críticamente amenazadas), 4 especies (6,6%); EN (en peligro), 3 especies (5,0%), y VU (vulnerables), 31 especies (51,6%).

En el área de estudio de proyecto hidroeléctrico Ituango, de las 68 especies de mamíferos registrados, se encuentran en problemas de conservación 24 especies lo que equivale al (35,3%) de las especies registradas.

- **Metodología.**

Para realizar el muestreo de mamíferos se seleccionaron sitios representativos de los distintos hábitats predominantes (bosque secundario y rastrojo alto) en las dos zonas de vida presentes en el área del proyecto: Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y Bosque Seco Tropical (bs-T). Debido a las condiciones de orden público, los sitios de muestreo se localizaron principalmente de acuerdo con criterios de seguridad, facilidades de acceso y desplazamiento, y ubicación con respecto al proyecto.

Para la captura de mamíferos voladores (murciélagos) se utilizaron redes de niebla, y para pequeños mamíferos terrestres trampas tipo Sherman y Tomahawk colapsables. Se utilizaron redes del tipo mist-net de tamaño de ojo de 3x3 y 4x3 cm, las cuales se instalaron desde las 4:30 de la tarde en sitios estratégicos. Todas las redes se revisaron

periódicamente hasta las 8:00 pm, y se dejaron abiertas hasta el amanecer del día siguiente (5:45 am). (Véase la fotografía 34).

Para la captura de pequeños mamíferos no voladores, se utilizaron 2 trampas tipo Tomahawk de 15x15x40 y 25x25x45 cm, y 8 trampas tipo Sherman de 9x9x28 y 12x14x40 cm, las trampas se colocaron distantes la una de la otra 10 m. Las trampas se revisaron todos los días en horas de la mañana (Véase la fotografía 35).

A todos los ejemplares capturados se les aplicó el siguiente procedimiento: 1) se revisaron las trampas y redes; 2) el animal capturado se examinó y se determinó su especie; 3) se le tomaron las medidas estándar, y se describieron sus características externas como el color, aspecto general; 4) se le tomó el registro fotográfico; 5) finalmente se trasladó cerca al sitio de captura y se liberó.



Fotografía 34. Captura de murciélagos con redes de niebla. Fotografía de: Carlos A. Cuartas-Calle



Fotografía 35. Trampas de captura viva (1 Tomahawk, 2 Sherman). Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle

Otras observaciones cuantitativas, que no implicaron capturas, se hicieron con base en recorridos por el borde y el interior de los bosques mediante avistamientos o por registro auditivo. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta los indicios indirectos como: huellas, caminaderos, senderos, osaderos, escarbaderos, animales muertos, heces, cráneos, pieles, residuos de alimentos, madrigueras y cuevas (véanse Anexos 4.11 y 4.12). De todas estas evidencias indirectas se tomaron fotografías así como las medidas convencionales en la taxonomía de mamíferos.

Adicionalmente, se aplicaron encuestas dirigidas a los pobladores de la zona, sobre la presencia de fauna de mamíferos y la información obtenida se confrontó con manuales de campo y con registros anteriores para el área. En general, el esfuerzo de muestreo se concentró en los hábitats boscosos, más que en pastos y rastrojos, debido a que estos dos últimos espacios son menos apetecidos por la fauna mamífera.

Para mamíferos se utilizó la metodología de muestreo propuesta por Wilson *et al.*, (1996) y Aranda-Sánchez (1981). La determinación y clasificación taxonómica de las especies se hizo con base en Cuartas-Calle & Muñoz, 2003a y 2003b; Defler, 2003; Muñoz *et al.*,



2003; Cuartas-Calle *et al*, 2001; Alberico *et al.*, 2000; Emmons & Feer, 1999; Wilson & Reeder, 1992; Eisenberg, 1990.

En total se muestrearon 27 sitios en los municipios de Briceño, Liborina, Ituango, Peque, Sabanalarga y Buriticá, cuyas características generales y localización se relacionan en la Tabla 4.56 (véase Plano F-PHI-EAM-LB-AA-PE-MON).

**Tabla 4.56. Hábitats y sitios de muestreo de mamíferos en el área de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. 2006.**

Sitio	Vereda	Municipio	Z vida	Hábitat	Coordenadas	Altitud	Topografía
Finca Rosa	Capa	Briceño	bh-T	Bs y Ra	07°05,096' 75°40,146'	750 msnm	Pendiente
El Porvenir		Briceño	bh-T	Bs y Ra	07°04,648' 75°40,827'	780 msnm	Pendiente
Puente Pescadero		Ituango	bh-T	Bs	07°04,523' 75°40,902'		Pendiente
Quebrada Seca	San Juan de Rodas	Ituango	bh-T	Bs	07°05,327' 75°41,709'		Pendiente
Guasimal		Ituango	bh-T	Bs	07°05,612' 75°41,728'		Pendiente
Q. Sta Maria	Orobajo	Sabanalarga	bh-T	Bs	07°03,679' 75°45,937'	337 msnm	Ondulada
Las Quebraditas	Orobajo	Sabanalarga	bh-T	Bs y Ra	07°02'29,2" 75°46'42,1"	343 msnm	Pendiente
Quearma	Orobajo	Sabanalarga	bh-T	Bs	07°02'58,8" 75°46'27,3"	350 msnm	Ondulada
Bosque Montón	el Orobajo	Sabanalarga	bh-T	Bs	07°02'58,6" 75°46'27,4'	350 msnm	Pendiente
Las Negritas	Orobajo	Sabanalarga	bs-T	Bs	07°01'58,2" 75°47'12,9"	349 msnm	Plana
Bosque Bocatoma	Orobajo	Sabanalarga	bh-T	Bs	07°01'58,0" 75°47'13,6"	495 msnm	Pendiente
Uvital	Orobajo	Sabanalarga	bs-T	Bs	07°00'12,8" 75°48'28,2"	325 msnm	Pendiente
La Cueva	El Jague	Sabanalarga	bh-T	Bs ribereño	06°56'04,1" 75°48'10,7"	515 msnm	Pendiente
Q. Quiasesco	El Jague	Sabanalarga	bh-T	Bs ribereño	06°54'39,6' 75°48'17,2"	567 msnm	Pendiente
Llanón		Sabanalarga	bs-T	Bs	06°54'23,7" 75°49'43,4"	429 msnm	Plano
Hda El Jague	El Jague	Sabanalarga	bh-T	Ra	06°55'21,5" 75°48'09,5"	577 msnm	Pendiente
Llano de Niquia		Sabanalarga	bs-T	Bs	06°51'34,1" 75°50'20,1"	506 msnm	Plano
Nosuba	Barbacoas	Peque	bs-T	Bs	06°56,09.4' 75°45,937'	343 msnm	Pendiente



**Tabla 4.57. Hábitats y sitios de muestreo de mamíferos en el área de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. 2006.**

Sitio	Vereda	Municipio	Z vida	Hábitat	Coordenadas	Altitud	Topografía
El Fardo	Barbacoas	Peque	bs-T	Bs y Ra	06°56'33,4" 75°46'42,1"	340 msnm	Pendiente
La Vuelta	Barbacoas	Peque	bs-T	Ra	06°55'43,1" 75°49'40,0"	338 msnm	Pendiente
Q. Jerigua	Barbacoas	peque	bs-T	Bs	06°55'30,1" 75°49'49,8"	348 msnm	Pendiente
El CP y Monos	Barbacoas	peque	bs-T	Ra	06°55'07,9" 75°49'48,0"	365 msnm	Ondulada
El Boquerón	Barbacoas	peque	bs-T	Bs	06°54'03,6" 75°47'13,6"	360 msnm	Pendiente
La Aguada	Barbacoas	peque	bs-T	Bs	06°52'10,8" 75°50'32,6"	349 msnm	Pendiente
Q. Niquia	Barbacoas	Peque	bh-T	Bs ribereño	06°52'10,8" 75°50'32,6"	350 msnm	Ondulada
Canelón Blanco		Liborina	bs-T	Bs ribereño	06°40'54,8' 75°49'55,8"	448 msnm	Pendiente
El Pico		Liborina	bs-T	Bs	06°41'19,5" 75°50'09,8"	429 msnm	Pendiente

**- Indicadores ecológicos**

Además de los indicadores definidos en el numeral 4.1.2, para este grupo se aplicaron adicionalmente los siguientes indicadores.

**- Esfuerzo y éxito de captura para mamíferos no voladores**

Es una estimación de la efectividad del trapeo y se expresa como un porcentaje; indica el número de individuos que activan las trampas; se tienen en cuenta el número de trampas utilizadas y los días de trapeo. Este no es un índice de densidad poblacional, ya que se emplea el número de capturas sin importar la especie, obteniéndose un porcentaje de eficiencia del trapeo. Está definido por la siguiente formula:

Esfuerzo de captura = número total de trampas activadas = N°T x N°UE

Éxito de captura: definido como el porcentaje de la eficiencia del muestreo

$$EC = (CT / N°T \times N°UE) \times 100$$

Donde:

EC = éxito de captura

CT = número total de capturas

N°T = número total de trampas por noche

N°UE = número de unidades de esfuerzo = total de noches de muestreo

**- Esfuerzo y éxito de captura para mamíferos voladores**

El éxito de captura se define como el número de individuos capturados en una hora-malla y la efectividad del muestreo está definida por el número de individuos por malla.

### - Estructura trófica

A partir de las proporciones de hábito alimenticio de las especies registradas, se puede establecer la estructura trófica de la comunidad. Cadenas alimenticias muy complejas y largas se interpretan como típicas de hábitats más saludables y conservados, en este caso bosques.

### - Estatus de conservación

Se incluyen los niveles del estado de conservación de las especies según: Convención de Comercio Internacional de Especies en Peligro (CITES, 2002), los de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 1994), y los del Instituto Alexander von Humboldt (Rodríguez, 1998).

El CITES clasifica las especies en tres (3) categorías: el Apéndice I incluye especies que están actualmente en peligro de extinción. El Apéndice II incluye especies que no están actualmente amenazadas, pero que podrían estarlo a menos que se regule el comercio. El Apéndice III incluye especies reglamentadas con fines de conservación por determinados países.

Las Categorías de Amenaza dadas por la UICN y por el IAvH son: Cr: en peligro crítico. En: en peligro. Vu: vulnerable.

### • Resultados

La comunidad de mamíferos registrados en el área de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango está compuesta por 9 órdenes, 24 familias, 21 subfamilias y 68 especies, que representan el 14,6% del total conocido para Colombia (465 especies) (Véase la Tabla 4.58). En el Anexo 4.11 se muestran algunas especies de mamíferos registrados en la zona de estudio, y en el Anexo 12 se muestran algunos indicios.

**Tabla 4.58. Determinación taxonómica, nombre local, estatus y dieta de los mamíferos registrados en la zona de influencia del Proyecto.2006.**

	TAXAS	Nombre local	Estatus			D
			CITES	UICN	IAvH	
I	CLASE: MAMMALIA					
	I) ORDEN: DIDELPHIMORPHIA					
1	FAMILIA: CALUROMYIDAE					
	1) SUBFAMILIA: CALUROMYINAE					
1	<i>Caluromys derbianus</i> (Waterhouse, 1841)	Martica		VU	Lr	O
2	FAMILIA: DIDELPHIDAE					
	2) SUBFAMILIA: DIDELPHINAE					
2	<i>Chironectes minimus</i> (Zimmerman, 1780)	Ratón de agua		Lr	Lr	C
3	<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	Chucha común				O
4	<i>Philander opossum</i> (Linnaeus, 1758)	Chucha mantequera				O
3	FAMILIA: MARMOSIDAE					
	3) SUBFAMILIA: MARMOSINAE					
5	<i>Marmosa robinsoni</i> Bangs, 1898	Rata chucha				O



**Tabla 4.58. Determinación taxonómica, nombre local, estatus y dieta de los mamíferos registrados en la zona de influencia del Proyecto.2006. (Continuación)**

	TAXAS	Nombre local	Estatus			D
			CITES	UICN	IAvH	
6	<i>Marmosops parvidens</i> Tate, 1931 4) SUBFAMILIA: METACHIRINAE	Rata chucha				O
7	<i>Metachirus nudicaudatus</i> (Desmarest, 1817) 5) SUBFAMILIA: MONODELPHINAE	Chucha mantequera				O
8	<i>Monodelphis adusta</i> (Thomas, 1897) II) ORDEN: FOLÍVORA	Rata chucha				O
4	FAMILIA: MEGALONYCHIDAE 6) SUBFAMILIA: CHOLOEPINAE					
9	<i>Choloepus hoffmanni</i> Peters, 1858 III) ORDEN: CINGULATA	Perico ligero	III	DD	Lr	Ff
5	FAMILIA: DASYPODIDAE 7) SUBFAMILIA: DASYPODINAE					
10	<i>Cabassous centralis</i> (Miller, 1899)	Armadillo coiletrapo	III	DD	DD	O
11	<i>Dasyopus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758 IV) ORDEN: VERMILINGUA	Armadillo, gurre				O
6	FAMILIA: MYRMECOPHAGIDAE					
12	<i>Tamandua mexicana</i> (Saussure, 1860) V) ORDEN: CHIROPTERA	Oso hormiguero	III			I
7	FAMILIA: NOCTILIONIDAE					
13	<i>Noctilio albiventris</i> Desmarest, 1818	Murciélago				P
8	FAMILIA: PHYLLOSTOMIDAE 8) SUBFAMILIA: PHYLLOSTOMINAE					
14	<i>Phyllostomus discolor</i> (Wagner, 1843)	Murciélago				F
15	<i>Phyllostomus elongatus</i> (E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1810) 9) SUBFAMILIA: CAROLLINAE	Murciélago				F
16	<i>Carollia colombiana</i> Cuartas-Calle, Muñoz y González, 2001	Murciélago				F
17	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758) <i>Carollia sowelli</i> 10) SUBFAMILIA: STENODERMATINAE	Murciélago				F
18	<i>Artibeus cinereus</i> (Gervais, 1856)	Murciélago				F
19	<i>Artibeus glaucus</i> Thomas, 1893	Murciélago				F
20	<i>Artibeus intermedius</i> J. A. Allen, 1897	Murciélago				F
21	<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821	Murciélago				F
22	<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	Murciélago				F
23	<i>Artibeus planirostris</i> (Spix, 1823)	Murciélago				F
24	<i>Enchisthenes hartii</i> Thomas, 1892	Murciélago				F
25	<i>Platyrrhinus brachycephalus</i> (Rouk & Carter, 1972)	Murciélago				F
26	<i>Platyrrhinus dorsalis</i> Thomas, 1900	Murciélago				F
27	<i>Platyrrhinus helleri</i> (Peters, 1866)	Murciélago				F
28	<i>Sturnira lilium</i> (E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1810)	Murciélago				F



**Tabla 4.58. Determinación taxonómica, nombre local, estatus y dieta de los mamíferos registrados en la zona de influencia del Proyecto.2006.. (Continuación)**

	TAXAS	Nombre local	Estatus			D
			CITES	UICN	IAvH	
29	<i>Sturnira luisi</i> Davis, 1980	Murciélago				F
30	<i>Uroderma bilobatum</i> Peters, 1866	Murciélago				F
31	<i>Uroderma magnirostrum</i> Davis, 1968	Murciélago				F
32	<i>Vampyressa pusilla</i> (Wagner, 1843)	Murciélago				F
	11) SUBFAMILIA: DESMODONTINAE					
33	<i>Desmodus rotundus</i> (E. geoffroy Saint-Hilaire, 1810)					he
9	FAMILIA: VESPERTILIONIDAE					
34	<i>Eptesicus brasiliensis</i> (Desmarest, 1819)					I
35	<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	Murciélago				I
10	FAMILIA: MOLOSSIDAE					
36	<i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766)	Murciélago				I
	VI) ORDEN: PRIMATES					
11	FAMILIA: CEBIDAE					
	12) SUBFAMILIA: CALLITRICHINAE					
37	<i>Saguinus oedipus</i> (Linnaeus, 1758)	Mico tistis	I	Vu	Vu	O
	13) SUBFAMILIA: CEBINAE					
38	<i>Cebus capucinus</i> (Linnaeus, 1758)	Mico maicero	II	Lr	Lr	O
12	FAMILIA: AOTIDAE					
39	<i>Aotus lemurinus</i> (L. Geoffroy, 1843)	Marteja	II	Vu	Vu	F
	VII) ORDEN: CARNIVORA					
13	FAMILIA: CANIDAE					
40	<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Zorro gris	II	Lr	Lr	C
14	FAMILIA: PROCYONIDAE					
41	<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	Cusumbo	III	Lr	Lr	O
42	<i>Procyon cancrivorus</i> (Cuvier, 1798)	Zorra patona	III	Lr	Lr	C
	14) SUBFAMILIA: POTOSINAE					
43	<i>Bassaricyon gabbii</i> J. A. Allen, 1876	Marta, macoperro				F
44	<i>Potos flavus</i> (Schreber, 1774)	Perro de monte	III	Lr	Lr	F
15	FAMILIA: MUSTELIDAE					
	15) SUBFAMILIA: LUTRINAE					
45	<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818)	Nutria	I	En	Vu	C
	16) SUBFAMILIA: MEPHITINAE					
46	<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1784)	Zorrillo				C
	17) SUBFAMILIA: MUSTELINAE					
47	<i>Mustela frenata</i> Lichtenstein, 1831	Comadreja			Lr	C
48	<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	Ulamar	III			C
49	<i>Galictis vittata</i> (Schreber, 1776)	Tejón	III			C
16	FAMILIA: FELIDAE					
	18) SUBFAMILIA: FELINAE					
50	<i>Herpailurus yagouarondi</i> (E. Geoffroy St-Hilaire, 1893)	Gato de monte	I	En	Vu	C



**Tabla 4.58. Determinación taxonómica, nombre local, estatus y dieta de los mamíferos registrados en la zona de influencia del Proyecto.2006. (Continuación)**

	TAXAS	Nombre local	Estatus			D
			CITES	UICN	IAvH	
51	<i>Leopardus tigrinus</i> (Schreber, 1775)		I	En	Vu	C
52	<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821)	Tigrillo	I	En	Vu	C
17	VIII) ORDEN: ARTIODACTYLA FAMILIA: TAYASSUIDAE					
53	<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	Tatabra, cafucha	II	En	Vu	O
18	FAMILIA: CERVIDAE					
54	<i>Mazama americana</i> (Erleben, 1777)	Venado	II			H
19	IX) ORDEN: RODENTIA FAMILIA: SCIURIDAE 19) SUBFAMILIA: SCIURINAE					
55	<i>Sciurus granatensis</i> Humboldt, 1811	Ardilla alazana				F
20	FAMILIA: MURIDAE 20) SUBFAMILIA: MURINAE					
56	<i>Mus musculus</i> Linnaeus, 1758	Ratón común				O
57	<i>Rattus norvegicus</i> (Berkenhout, 1769)	Rata común				O
	21) SUBFAMILIA: SIGMODONTINAE					
58	<i>Melanomys caliginosus</i> (Tomes, 1860)	Ratón de monte				O
59	<i>Nectomys squamipes</i> (Brants, 1827)	Rata de agua				C
60	<i>Oryzomys alfaroi</i> (J. A. Allen, 1891)	Ratón de monte				O
61	<i>Oryzomys perenensis</i> J. A. Allen, 1901	Ratón de monte				O
62	<i>Reithrodontomys mexicanus</i> (Saussure, 1860)	Ratón de monte				O
63	<i>Sigmodon hispidus</i> Say y Ord, 1825	Ratón de monte				O
64	<i>Zygodontomys brevicauda</i> (J. A. Allen y Chapman, 1893)	Ratón de monte				O
21	FAMILIA: DASYPROCTIDAE					
65	<i>Dasyprocta punctata</i> Gray, 1842	Conejo, guatín	III	Lr	Lr	F
22	FAMILIA: HYDROCHAERIDAE					
66	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Chigüiro,				H
23	FAMILIA: AGOUTIDAE = CUNICULIDAE					
67	<i>Agouti paca</i> (Linnaeus, 1766) = <i>Cuniculus paca</i>	Lapa, guagua	III	Lr	Lr	F
24	FAMILIA: Echimyidae Miller y Gidley, 1918					
68	<i>Proechimys semispinosus</i> (Tomes, 1860)	Rata de espina		Lr	Lr	O

**Convenciones:** D: dieta, O: omnívoro, C: carnívoro, I: insectívoro, H: herbívoro, He: hematófago, F: frugívoro, Ff: frugívoro-folívoro, Cr: peligro crítico; En: en peligro; Vu: vulnerable; Lr: bajo riesgo; DD: información deficiente.

**Nota:** En la primera columna los números en negrilla representan o indican el número de familias registradas, y los números en formato normal el número de especies registradas.

En la zona de bosque húmedo tropical (bh-T) se encontraron 61 especies, en tanto que en la zona de bosque seco tropical (bs-T) se listaron 30 especies de mamíferos. Del total de especies observadas, nueve son vulnerables o están en peligro de extinción: *Caluromys derbianus* (martica), *Saguinus oedipus* (tití cabeza de algodón), *Aotus lemurinus* (marteja),

*Lontra longicaudis* (nutria), *Herpailurus yagouarondi* (gato de monte), *Leopardus tigrinus* (tigrillo), *Leopardus wiedii* (tigrillo), *Mazama americana* (venado), y *Pecari tajacu* (tatabra) (Véanse las fotografías 36 a 39).



Foto 36. *Caluromys derbianus* (martica).  
Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle



Foto 37. *Saguinus oedipus* (tití leoncito).  
Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle



Foto 38. *Aotus lemurinus* (gamusa).  
Foto archivo de: CORANTIOQUIA



Foto 39. *Lontra longicaudis* (nutria).  
Foto archivo de: CORANTIOQUIA

El chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*) no es propio de la zona, sin embargo los lugareños informan que algunos ejemplares de esta especie escaparon de fincas ubicadas en Santa Fe de Antioquia y Sopetrán, estableciéndose en las orillas del Río Cauca a la altura de las veredas Barbacoas (municipio de Peque) y Orobajo (municipio de Sabanalarga) (Véanse las fotografías 40 a 45).



Fotografía 40. *Hydrochaeris hydrochaeris* (chigüiro, lancho). Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle



Foto 41 Huellas de *Hydrochaeris hydrochaeris* (chigüiro, lancho) en la margen derecha del río Cauca por el sector de Cangrejito (Orobajo).  
Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle



Foto 42. Huellas de *Hydrochaeris hydrochaeris* (chigüiro, lancho) en la margen derecha del río Cauca por el sector de Cangrejito (Orobajo).  
Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle.



Foto 43. Huellas de *Hydrochaeris hydrochaeris* (chigüiro, lancho) en la margen derecha del río Cauca por el sector de Cangrejito (Oro bajo. Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle.



Foto 44. Huellas de *Hydrochaeris hydrochaeris* (chigüiro, lancho) en la margen derecha del río Cauca por el sector de Cangrejito (Oro bajo. Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle.

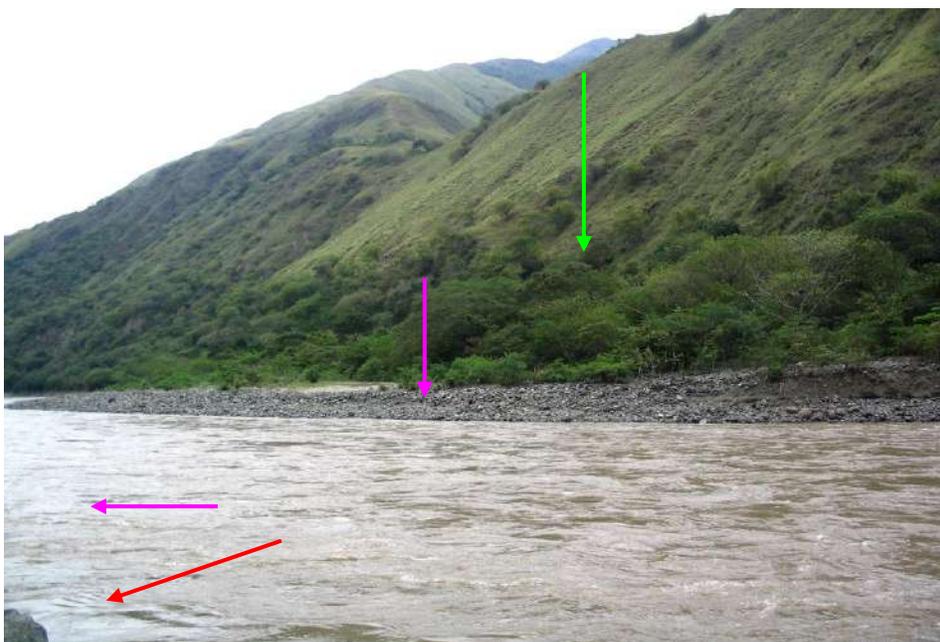


Foto 45. Río Cauca margen derecha por el sector de Cangrejito, Oro bajo, Sabanalarga **M**; y la margen izquierda por Barbacoas, Pequ **M**. En estos sectores se registra la especie *Hydrochaeris hydrochaeris* (chigüiro, lancho) **M**. Foto de: Carlos A. Cuartas-Calle



## - Zonas de vida

En la zona de vida del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) se registraron 61 especies de mamíferos y 420 individuos; en los hábitats del bosque secundario (Bs) se registraron 57 especies y 322 individuos, y en el rastrojo alto (Ra) se registraron 22 especies y 98 individuos, como se puede observar en la Tabla 4.59.

**Tabla 4.59 Número de individuos y de especies de mamíferos registrados por zona de vida**

Zonas de vida	Individuos	Especies	Hábitat	Individuos	Especies
bh-T	420	61	Bs	322	57
			Ra	98	22
bs-T	106	30	Bs	106	30

**Convenciones:** bh-T: bosque húmedo tropical, bs-T: bosque seco tropical, Bs: bosque secundario, Ra: rastrojo alto.

En la zona de vida del Bosque Seco Tropical (bs-T) se registraron 30 especies de mamíferos y 106 individuos, que corresponden al hábitat del bosque secundario (Bs). En el Anexo 4.13 se presentan algunos sectores de bosques que fueron muestreados.

La proporción del registro de mamíferos en zonas de vida, entre el bosque húmedo tropical (bh-T) y el bosque seco tropical (bs-T) fue de 4:1; con respecto a las especies la proporción es de 2:1, por cada dos especies que se registran en el bh-T, se registra una especie en el bs-T.

La proporción de individuos de mamíferos registrados entre hábitats del bosque secundario (Bs) y del rastrojo alto (Ra) de la zona de vida del bosque húmedo tropical (bh-T) fue de 3:1; y la proporción entre especies registradas es de 2,6:1 por cada 2,6 especies que se registran en el (Bs), se registra 1 en el (Ra).

La proporción de individuos de mamíferos registrados en el hábitat del bosque secundario (Bs) entre las zonas de vida del bosque húmedo tropical (bh-T) y el bosque seco tropical (bs-T) fue de 3:1; y la proporción entre especies es de 2:1.

En la Tabla 4.60 se presentan las especies de mamíferos registradas, el número de individuos, el hábitat donde se observó y las abundancias relativas. En la Figura 4.27 se observa las abundancias relativas del total de especies registradas.

**Tabla 4.60. Especies, indicios, hábitats y abundancia relativa de los mamíferos. 2006.**

Especies	BOSQUE HÚMEDO TROPICAL						BOSQUE SECO TROPICAL						TOTAL					
	Indicios		Directo	Hábitat		Total	AR%	Indicios		Directo	Hábitat		Total	AR%	Gr an Tot al	AR% total		
	Osad meu Sendero	Meu rta, cráneo	Huellas	Observada	Capturada			Bosque secundario	Rastrojo alto	Osad meu Sendero	Meu rta, cráneo	Huellas					Observada	Capturada
<i>C. derbianus</i>			1		1	1	0,2			1		1	1	0,9	2	0,4		
<i>C. minimus</i>						0	0,0			2		2	2	1,9	2	0,4		
<i>D. marsupialis</i>			3	4	4	6	5	11	2,6	2	1	1	4	4	3,8	15	2,9	
<i>P. opossum</i>			2	1		3		3	0,7					0	0,0	3	0,6	
<i>M. nudicaudatus</i>				1		1		1	0,2					0	0,0	1	0,2	
<i>M. robinsoni</i>					1	1		1	0,2	1		2	1	4	4	3,8	5	1,0
<i>M. parvidens</i>								0	0,0	1			1	1	0,9	1	0,2	
<i>M. adusta</i>				1		1		1	0,2					0	0,0	1	0,2	
<i>C. hoffmannii</i>				3		3		3	0,7					0	0,0	3	0,6	
<i>C. centralis</i>		1				1		1	0,2					0	0,0	1	0,2	
<i>D. novemcinctus</i>	1		2	4	1	5	3	8	1,9	1	1		2	2	1,9	10	1,9	
<i>T. mexicana</i>			2	4		6		6	1,4	1			1	1	0,9	7	1,3	
<i>N. albiventris</i>								0	0,0			13	13	13	12,3	13	2,5	
<i>P. discolor</i>					39	30	9	39	9,3					0	0,0	39	7,4	
<i>P. elongatus</i>					12	10	2	12	2,9					0	0,0	12	2,3	
<i>C. colombiana</i>				2	2			2	0,5					0	0,0	2	0,4	
<i>C. perspicillata</i>				7	4	3		7	1,7			5	5	5	4,7	12	2,3	
<i>C. sowellii</i>				2	2			2	0,5					0	0,0	2	0,4	
<i>A. cinereus</i>				2	2			2	0,5					0	0,0	2	0,4	
<i>A. glaucus</i>				3	3			3	0,7					0	0,0	3	0,6	
<i>A. intermedius</i>				5	5			5	1,2					0	0,0	5	1,0	

**Tabla 4.60. Especies, indicios, hábitats y abundancia relativa de los mamíferos. 2006. (Continuación)**

Especies	BOSQUE HÚMEDO TROPICAL						BOSQUE SECO TROPICAL					TOTAL					
	Indicios			Directo	Hábitat	Total	AR%	Indicios			Directo	Hábitat	Total	AR%	Gr an Tot al	AR% total	
	Osad meu Sendero	Meu rta, cráneo	Huellas	Observada	Capturada	Bosque secundario	Rastrojo alto	Osad meu Sendero	Meu rta, cráneo	Huellas	Observada	Capturada	Bosque secundario				
<i>A. jamaicensis</i>				8		5	3					4	4	4	3,8	12	2,3
<i>A. lituratus</i>				14		8	6					5	5	5	4,7	19	3,6
<i>A. planirostris</i>				6		6								0	0,0	6	1,1
<i>E. hartii</i>				1		1								0	0,0	1	0,2
<i>P. brachycephalus</i>				3		3								0	0,0	3	0,6
<i>P. dorsalis</i>				2		2								0	0,0	2	0,4
<i>P. helleri</i>				2		2								0	0,0	2	0,4
<i>S. litium</i>				2		2								0	0,0	2	0,4
<i>S. luisi</i>				1		1								0	0,0	1	0,2
<i>U. bilobatum</i>				5		5								0	0,0	5	1,0
<i>U. magnirostrum</i>				2		2								0	0,0	2	0,4
<i>V. pusilla</i>				2		2								0	0,0	2	0,4
<i>D. rotundus</i>				5		5						1	1	1	0,9	6	1,1
<i>E. brasiliensis</i>				1		1								0	0,0	1	0,2
<i>M. nigricans</i>				2			2					2	2	2	1,9	4	0,8
<i>M. molossus</i>				2			2					2	2	2	1,9	4	0,8
<i>S. oedipus</i>				40		30	10							0	0,0	40	7,6
<i>C. capucinus</i>				40		40								0	0,0	40	7,6
<i>A. lemurinus</i>				22		15	7				3		3	3	2,8	25	4,8
<i>C. thous</i>			4	5		6	3			6	2		8	8	7,5	17	3,2
<i>N. nasua</i>	2		2	13		10	7		1	2	5		8	8	7,5	25	4,8
<i>P. cancrivorus</i>			8	2		6	4			6			6	6	5,7	16	3,0



**Tabla 4.60. Especies, indicios, hábitats y abundancia relativa de los mamíferos. 2006. (Continuación)**

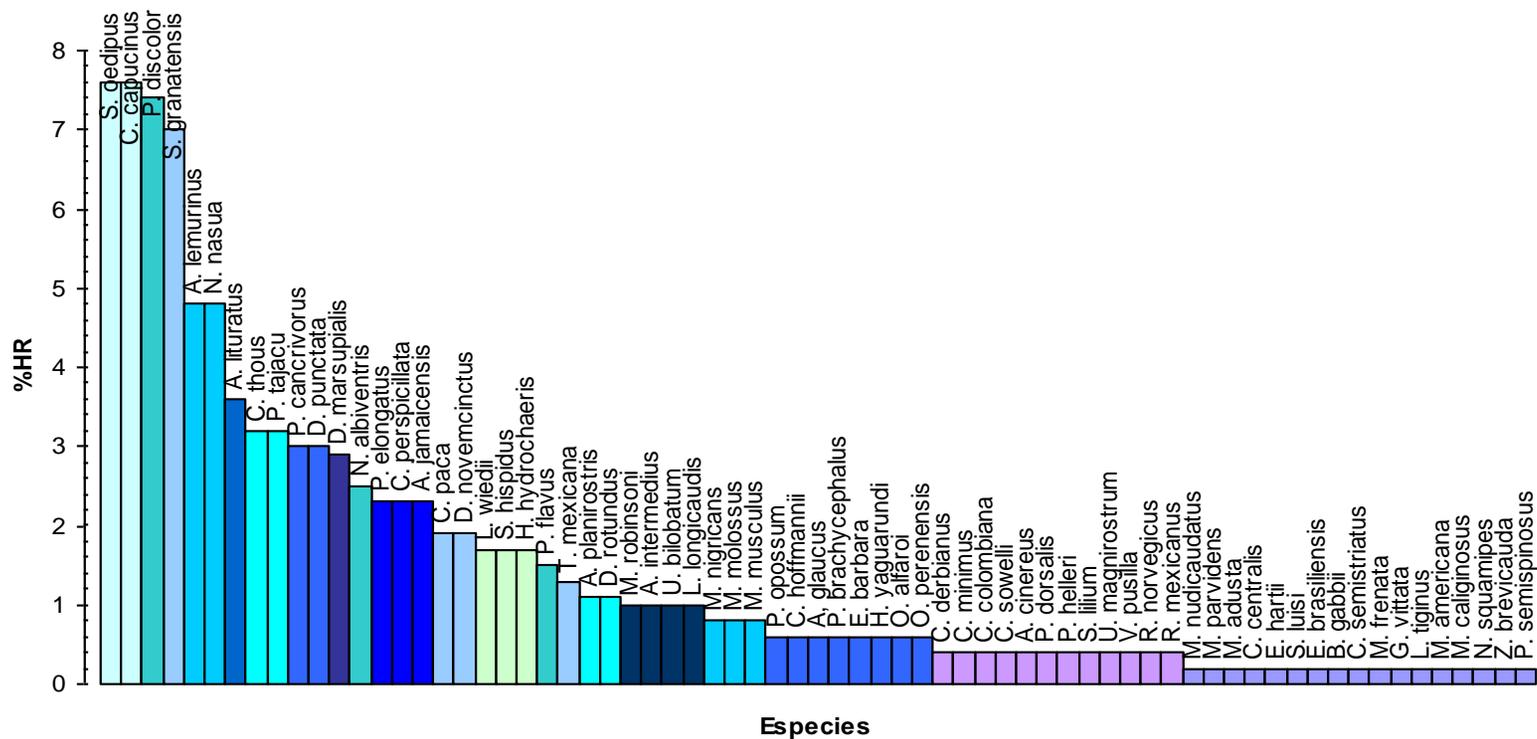
Especies	BOSQUE HÚMEDO TROPICAL						BOSQUE SECO TROPICAL						TOTAL				
	Indicios			Directo	Hábitat		Total	AR%	Indicios			Directo	Total	AR%	Gr an Tot al	AR% total	
	Osad meu Sendero	Meu rta, cráneo	Huellas	Observada	Capturada	Bosque secundario			Rastrojo alto	Osad meu Sendero	Meu rta, cráneo	Huellas					Observada
<i>B. gabpii</i>				1		1	1	0,2						0	0,0	1	0,2
<i>P. flavus</i>			2	5		6	1	7	1,7		1			1	0,9	8	1,5
<i>L. longicaudis</i>			4			4		4	1,0		1			1	0,9	5	1,0
<i>C. semistriatus</i>			1			1		1	0,2					0	0,0	1	0,2
<i>M. frenata</i>				1		1		1	0,2					0	0,0	1	0,2
<i>E. barbara</i>			1	1		1	1	2	0,5		1			1	0,9	3	0,6
<i>G. vittata</i>			1			1		1	0,2					0	0,0	1	0,2
<i>H. yaguarundi</i>			2			1	1	2	0,5		1			1	0,9	3	0,6
<i>L. tigrinus</i>			1			1		1	0,2					0	0,0	1	0,2
<i>L. wiedii</i>			6			4	2	6	1,4		3			3	2,8	9	1,7
<i>P. tajacu</i>			2	15		17		17	4,0					0	0,0	17	3,2
<i>M. americana</i>								0	0,0	1				1	0,9	1	0,2
<i>S. granatensis</i>				33		18	15	33	7,9			4		4	3,8	37	7,0
<i>M. musculus</i>					4		4	4	1,0					0	0,0	4	0,8
<i>R. norvegicus</i>					2		2	2	0,5					0	0,0	2	0,4
<i>M. caliginosus</i>					1	1		1	0,2					0	0,0	1	0,2
<i>N. squamipes</i>			1			1		1	0,2					0	0,0	1	0,2
<i>O. alfaroi</i>					3	3		3	0,7					0	0,0	3	0,6
<i>O. perenensis</i>					1	1		1	0,2			2	2	2	1,9	3	0,6
<i>R. mexicanus</i>					2	2		2	0,5					0	0,0	2	0,4
<i>S. hispidus</i>								0	0,0			9	9	9	8,5	9	1,7

**Tabla 4.60. Especies, indicios, hábitats y abundancia relativa de los mamíferos. 2006. (Continuación)**

Especies	BOSQUE HÚMEDO TROPICAL						BOSQUE SECO TROPICAL						TOTAL						
	Indicios			Directo	Hábitat		Total	AR%	Indicios			Directo	Hábitat	Total	AR%	Gr an Total	AR% total		
	Osad meu Sendero	Meu rta, cráneo	Huellas	Observada	Capturada	Bosque secundario	Rastrojo alto			Osad meu Sendero	Meu rta, cráneo	Huellas	Observada	Capturada	Bosque secundario				
<i>Z. brevicauda</i>							0	0,0	1						1	1	0,9	1	0,2
<i>D. punctata</i>	3		8	5		10	6	16	3,8							0	0,0	16	3,0
<i>H. hydrochaeris</i>								0	0,0		9				9	9	8,5	9	1,7
<i>C. paca</i>	3		6	1		10		10	2,4						0	0,0	10	1,9	
<i>P. semispinosus</i>								0	0,0		1				1	1	0,9	1	0,2
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>58</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>98</b>	<b>42</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>37</b>	<b>19</b>	<b>45</b>	<b>106</b>	<b>106</b>	<b>100</b>	<b>52</b>	<b>100</b>
				<b>3</b>	<b>9</b>	<b>2</b>		<b>0</b>										<b>6</b>	

**Convenciones:** AR% = Abundancia relativa

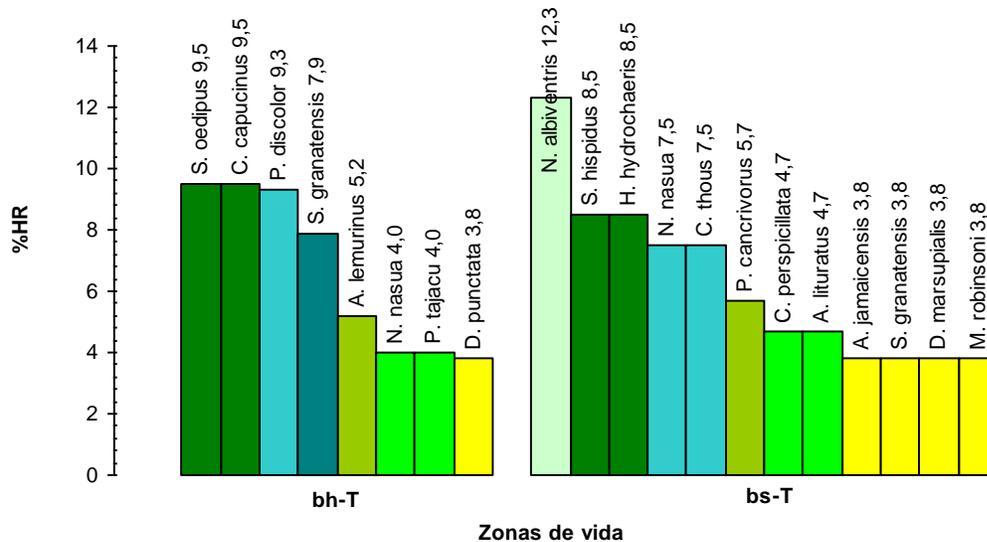
Figura 4.27. Abundancia relativa (%AR) de las especies de mamíferos registrados en la zona de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. 2006.



Como se puede observar en la Figura 4.27, las especies de mamíferos que presentaron mayor Abundancia Relativa (%AR) fueron: *Saguinus oedipus* (tití león), 7,6%; *Cebus capucinus* (mico cariblanco), 7,6%; *Phyllostomus discolor* (murciélago), 7,4%; *Sciurus granatensis* (ardilla alazana), 7,0%; *Aotus lemurinus* (mico de noche, marteja), 4,8%; y *Nasua nasua* (cusumbo), 4,8%.

Por zona de vida, en el Bosque Húmedo Tropical (bh-T) las especies *Saguinus oedipus* (tití león) y *Cebus capucinus* (mico cariblanco) son las que presentan el mayor número de individuos con 40 cada una y abundancia relativa de 9,5%; le siguen las especies *Phyllostomus discolor* (murciélago) con 39 individuos y una abundancia del 9,3%; *Sciurus granatensis* (ardilla alazana) con 33 individuos y una abundancia del 7,9%; *Aotus lemurinus* (mico de noche) con 22 individuos (5,2%); las especies *Nasua nasua* (cusumbo) y *Pecari tajacu* (cafucha) con 17 individuos y 4,0%, como se puede observar en la Figura 4.28.

**Figura 4.28. Abundancia relativa (%HR) de algunas especies de mamíferos.**



En el Bosque Seco Tropical (bs-T) las especies que presentaron mayor Abundancia Relativa fueron: *Noctilio albiventris* (murciélago) con 13 individuos y una abundancia relativa del 12,3%; le sigue la *Sigmodon hispidus* (rata de monte) con 9 individuos (8,5%); las especies *Cerdocyon thous* (perrillo) y *Nasua nasua* (cusumbo) con 8 individuos (7,5%) cada una; *Procyon cancrivorus* (comborro) con 6 individuos (5,7%); y las especies *Carollia perspicillata* (murciélago) y *Artibeus lituratus* (murciélago) con 5 individuos y 4,7% cada una.

El mayor número de registros del primate endémico *Saguinus oedipus* (tití león), fueron por observación directa en la zona de vida del bosque húmedo tropical (bh-T), en coberturas boscosas del hábitat del bosque secundario (Bs), y un menor número de individuos se observaron en el rastrojo alto (Ra). En las coberturas boscosas donde se registró a *Saguinus oedipus* (dado que es una especie omnívora) la oferta de alimento era



buena como: insectos (grillos, mantis religiosas, larvas de mariposas, tijeretas) y otros artrópodos; exudados o gomas de plantas de la familia Mimosaceae; frutos y néctar de plantas de las familias Moraceae, Sapindaceae, Sterculiaceae, Anacardiaceae, Bombacaceae, Leguminosae, Rubiaceae, anonaceae, Araceae, Bignoniaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Piperaceae, Rosaceae, Sapotaceae; y pequeños vertebrados (ranas y lagartijas).

La especie *Saguinus oedipus* es un primate endémico para Colombia, distribuido geográficamente desde la región de Urabá, margen derecha del Río Atrato (noroeste del departamento de Antioquia), hacia el sur por el Río León, y hacia el oriente en los departamentos de Chocó, Antioquia, Córdoba, Sucre, Atlántico y norte de Bolívar. El límite oriental de su distribución es la orilla izquierda de los bajos de los ríos Magdalena y Cauca, extendiéndose hacia el centro y norte de Antioquia. Se encuentra en la selva pluvial, bosques inundables y áreas boscosas de crecimiento secundario, así como en otros hábitats de conexión como bosque seco tropical (bs-T), bosque pluvial tropical (bp-T), bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) (Defler, 2003).

El primate *Cebus capucinus* (mico cariblanco) se observó directamente en la zona de vida del bosque húmedo tropical (bh-T), en el hábitat del bosque secundario (Bs). En las coberturas boscosas donde se registró, la oferta de alimento era buena, compuesta por insectos (grillos, saltamontes, mantis religiosas, mariapalitos, termitas, escarabajos, larvas de mariposas, larvas de avispas) y otros artrópodos como garrapatas, arañas, exudados o gomas de plantas de la familia Mimosaceae; frutos y néctar de plantas de las familias Leguminosae, Rubiaceae, Arecaceae, Anonaceae, Sapindaceae, Moraceae, Euphorbiaceae, Musaceae, Anacardiaceae, Myrtaceae, Sapotaceae, Solanaceae, Araceae, Bromeliaceae, Rosaceae, Bombacaceae, Sterculiaceae, Passifloraceae, Melastomataceae; y vertebrados (pájaros y sus huevos, pequeños mamíferos y lagartijas).

El primate *Aotus lemurinus* (mico de noche, marteja) se observó directamente en ambas zonas de vida (bh-T y bs-T), teniendo los mayores registros en la zona de vida del bosque húmedo tropical (bh-T) y en el hábitat del bosque secundario (Bs). En las coberturas boscosas donde se registró a *Aotus lemurinus* (una especie frugívora) la oferta de alimento era buena, consume frutos, néctar, flores, y en menor cantidad insectos. Se registraron plantas de la familia Anacardiaceae, Anonaceae, Araceae, Bombacaceae, Euphorbiaceae, Leguminosa, Melastomataceae, Mimosaceae, Moraceae, Musaceae, Myrtaceae, Sapindaceae, Rosaceae, Sapotaceae, Solanaceae, Sterculiaceae.

## • Capturas

### - Esfuerzo y éxito de captura para pequeños mamíferos no voladores

En la captura de pequeños mamíferos, en el Bosque Húmedo Tropical (bh-T) se utilizaron 10 trampas por 21 noches, para un esfuerzo de captura de 210 trampas (Véase la Tabla 4.61). Se atraparon 14 ejemplares pertenecientes a siete especies: *Marmosa robinsoni* (rata chucha), *Mus musculus* (ratón casero), *Rattus norvegicus* (rata común), *Melanomys caliginosus* (ratón de monte), *Oryzomys alfaroi*, (ratón de monte), *Oryzomys perenensis* (ratón de monte), y *Reithrodontomys mexicanus* (ratón de monte).



**Tabla 4.61. Esfuerzo y éxito de captura de pequeños mamíferos no voladores.**

	Bosque húmedo tropical	Bosque seco tropical	Total muestreo
Número de trampas por noche	10	10	10
Número noches de muestreo	21	14	35
Número de individuos capturados	14	13	27
Especies capturadas	7	4	9
Esfuerzo de captura-trampas totales	210	140	350
Individuos capturados trampa	0,067	0,09	0,08
Éxito de captura	6,7%	9,3%	8,0%

En el bosque seco tropical (bs-T) se utilizaron 10 trampas por 14 noches, para un esfuerzo de captura de 140 trampas. Se apresaron 13 ejemplares pertenecientes a cuatro especies: *Didelphis marsupialis* (chucha común), *Marmosa robinsoni* (rata chucha), *Oryzomys perenensis* (ratón de monte), y *Sigmodon hispidus* (ratón de monte).

Los resultados del éxito de captura presentados en este trabajo (bh-T = 6,7% y bs-T = 9,3%) son muy altos, si se compara con lo reportado para el trópico, que es de 3,0% (Reig, 1980). Algunos datos de referencia de otros trabajos realizados en zonas colombianas son: Cordillera Oriental 4,3% (Cadena & Malagón, 1988), y 5,22% (López & Montenegro, 1990); Cordillera Central entre 1,5% y 3,25% (Sánchez-Palomino, 1993), 3,3% (Cuartas-Calle, 1997); 1,25% (Cuartas-Calle, 2003); 1,02% (Instituto de Biología, 2004); 5,62% (Grupo de Ecología Evolutiva, UdeA, 2006). Cordillera Occidental: 5,74%, 15,24% y 16,09% (Gómez-Laverde, 1994), 3,5% (Cuartas-Calle, 2000), los resultados siguen siendo altos.

Se recalca la importancia de utilizar trampas de captura viva para los pequeños mamíferos no voladores, ya que a simple vista y en el día, es muy difícil detectarlos y saber de su presencia.

#### - Éxito y esfuerzo de captura para los murciélagos

En el bosque secundario del bosque húmedo tropical (bh-T) se instalaron dos redes de niebla durante 21 noches, para un total de 42 redes; cada red se dejó abierta durante 12 horas, para un esfuerzo de captura de 504 horas-malla, y 252 horas totales de muestreo. Se capturaron 140 murciélagos. El éxito de captura total, definido por el número de individuos atrapados en una hora-malla fue de 0,28 individuos, y la efectividad del muestreo está definida por el número de individuos por malla, el cual fue de 3,3 individuos por malla, como se presenta en la Tabla 4.62. El resultado del inventario está de acuerdo con el reportado para zonas del Neotrópico.

**Tabla 4.62. Esfuerzo y éxito de captura para los mamíferos voladores en la zona de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. 2006.**

Esfuerzo de muestreo	Bosque húmedo tropical	Bosque seco tropical	Muestreo total
Noches de muestreo	21	14	35
Horas totales	252	168	420
Mallas totales	42	28	70
Mallas noche	2	2	2
Esfuerzo de captura			
Horas-malla	504	336	840
Nº individuos capturados	140	62	202
<b>Éxito de captura</b>			
Individuos hora-malla	0,28	0,18	0,24
Individuos/malla	3,3	2,2	2,9
Especies capturadas	24	17	25

En el bosque secundario del bosque seco tropical (bs-T) se instalaron dos (2) redes de niebla durante 14 noches, para un total de 28 redes; cada red se dejó 12 horas por noche, para un esfuerzo de captura de 336 horas-malla, y 168 horas totales de muestreo. Se capturaron 62 murciélagos. El éxito de captura total, definido por el número de individuos capturados en una hora-malla fue de 0,18 individuos, y la efectividad del muestreo fue de 2,2 individuos por malla. El resultado del inventario concuerda con el reportado para zonas del Neotrópico.

El resultado de este inventario (0,18 individuos y 2,2 individuos por malla) concuerda con el reportado para zonas del Neotrópico a saber: El resultado del inventario para toda la zona de estudio, con un tiempo de muestreo real de 35 días, con 25 especies capturadas, coincide con los siguientes valores reportados por otros trabajos realizados en Colombia, en tierras bajas del Neotrópico, con un tiempo de muestreo mayor de 30 días: Cordillera Central, tiempo de muestreo de 48 días, 0,136 y 1,64, 22 especies capturadas (Grupo de Ecología Evolutiva, UdeA, 2006). Otro estudio dio 0,186 y 2,25 con 23 especies (Instituto de Biología, 2004); en un tercer estudio se obtuvieron valores de 0,78 y 7,8 con 19 especies capturadas (Cuartas-Calle, 2003); y en un cuarto trabajo los valores fueron de 0,5 y 2,4 con 17 especies (Cuartas-Calle, 1997).

Para la Cordillera Occidental se tiene un valor de 0,23 y 2,7 con 12 especies (Cuartas-Calle, 2000); para Puerto Triunfo (Antioquia) se reportan 24 especies (Muñoz, 1999; citado por Sánchez-Palomino *et al.*, 1993); y en Junín, Nariño reportan 13 especies (Alberico y Orejuela, 1982; citado por Sánchez-Palomino *et al.*, 1993).

En Costa Rica reportan 40 especies de murciélagos en un bosque húmedo tropical (La Val y Fitch, 1977, citado por Sánchez-Palomino *et al.*, 1993). En Panamá registran 31 especies en un bosque húmedo tropical (Fleming *et al.*, 1972, citado por Sánchez-Palomino *et al.*, 1993).

La gran diversidad y número de individuos capturados se debe principalmente a que los bosques de la zona de estudio ofrecen buen alimento y sitios de refugios a esta fauna, la cual contribuye a la conservación de los bosques por medio de la dispersión de semillas y a la polinización cruzada, además en el control de insectos.

#### • Indicadores ecológicos

Se considera que una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies que la componen, que presente una equidad alta y una dominancia baja. Los resultados de los indicadores en este estudio se presentan en la Tabla 4.63.

**Tabla 4.63. Indicadores ecológicos**

Indicadores	Bósque húmedo tropical	Bosque seco tropical	Muestreo Total
Shannon-Wiener( H')	3,46	3,07	3,63
Riqueza de Margalef (R1)	9,9	6,2	10,9
Riqueza (S)	61 especies	30 especies	69 especies
Número de individuos	420	106	526
Equidad (E1)	0,84	0,90	0,86
Simpson	0,046	0,05	0,036

El valor de la equidad muestra que la distribución de los individuos dentro de las especies es uniforme y no se presenta dominancia alguna de un grupo sobre otro. La zona de vida del bosque húmedo tropical (bh-T) presenta los mayores valores, debido a que este tipo de bosque ofrece mejores áreas de refugio, mas ofertas de alimento, sitios de anidación que el bosque seco tropical (bs-T).

Los valores indicados del índice de Shannon-Wiener y de riqueza de Margalef, para las zonas de vida estudiadas pueden considerarse altos para el trópico.

La zona de vida del bosque húmedo tropical (bh-T) presenta los mayores valores, debido a que este tipo de bosque ofrece mejores áreas de refugio, mas ofertas de alimento, sitios de anidación que el bosque seco tropical (bs-T)

Los resultados aquí obtenidos, son similares a los de otros sitios de inventarios como: Proyecto Hidroelectrico Porce III (2004). Central Hidroelectrica Porce II (2004, 2006). Central Hidroelectrica la Miel (2005), Central Termocentro (2006).

#### • Dieta alimenticia

##### - Estructura trófica

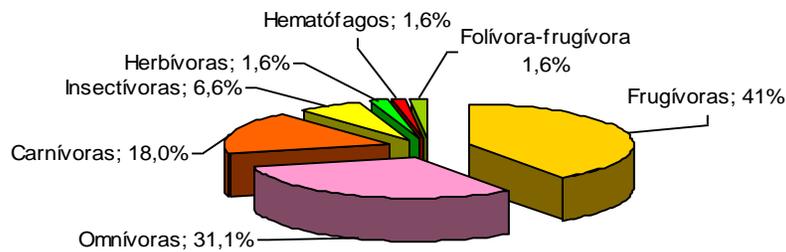
La estructura trófica o dieta alimenticia de cada especie, que está basada por la preferencia del alimento, se expresa a través de los valores de importancia, es decir, la proporción en que se encuentra cada categoría trófica dentro del total de especies registradas.

En el bosque húmedo tropical (bh-T), la mayoría de las especies son Frugívoras, seguidas por las Omnívoras y las Carnívoras, como se puede observar en la Figura 4.29. En el bosque seco tropical (bs-T), predominan las Omnívoras, seguidas por las Carnívoras y Frugívoras, como se presenta en la Figura 4.30. En todo el inventario, predominan las

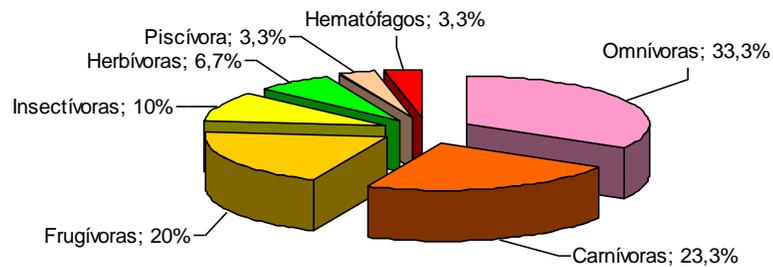
Frugívoras, seguidas por las Omnívoras, Carnívoras e Insectívoras, como se presenta en la Figura 4.31.

Estas especies, dada su dieta, encuentran un buen recurso en los bosques, indicando la dependencia de ellas a la cobertura boscosa o de rastrojos, ya que en estos encuentran tanto su alimento como refugios; las especies registradas están en los rangos normales como consumidores de primer y segundo nivel.

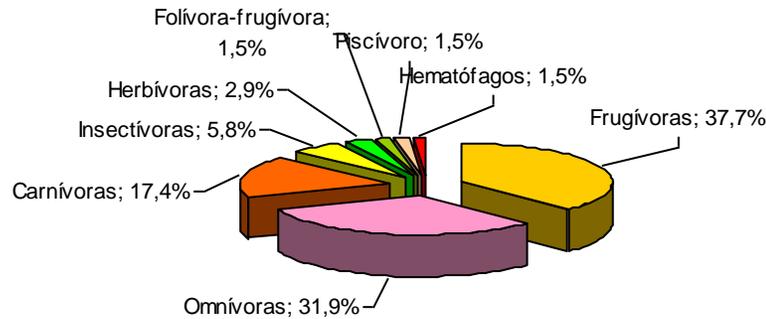
**Figura 4.29. Estructura trófica basada en las especies de mamíferos en el bosque húmedo tropical (bh-T).**



**Figura 4.30. Estructura trófica basada en las especies de mamíferos registrados en el bosque seco tropical.**



**Figura 4.31. Estructura trófica basada en las especies de mamíferos en el área de estudio.**



• **Distribución de las especies por su estatus de conservación**

De las 69 especies de mamíferos registradas en la zona de estudio, 21 están incluidas en los respectivos listados y categorías “Estatus de Conservación”, con algún riesgo a la extinción, según se puede observar en la Tabla 4.64.

**Tabla 4.64 Distribución de las especies por estatus de conservación**

	Zona de vida		CITES	Categorías de Conservación				
	Especies registradas	Especies en listado		Especies	%	I	II	III
bh-T	61	21	UICN	19	31,1	5	5	9
				8	13,1	5	3	
				7	11,5		7	
bs-T	30	13	UICN	10	33,3	3	3	4
				5	16,7	3	2	
				4	13,3		4	
Total	69	21	UICN	19	27,5	5	5	9
				8	11,6	5	3	
				7	10,1		7	

El mayor número de especies listadas con algún riesgo o estatus de conservación se encuentran en la zona de vida del bosque húmedo tropical (bh-T), este tipo de zona de

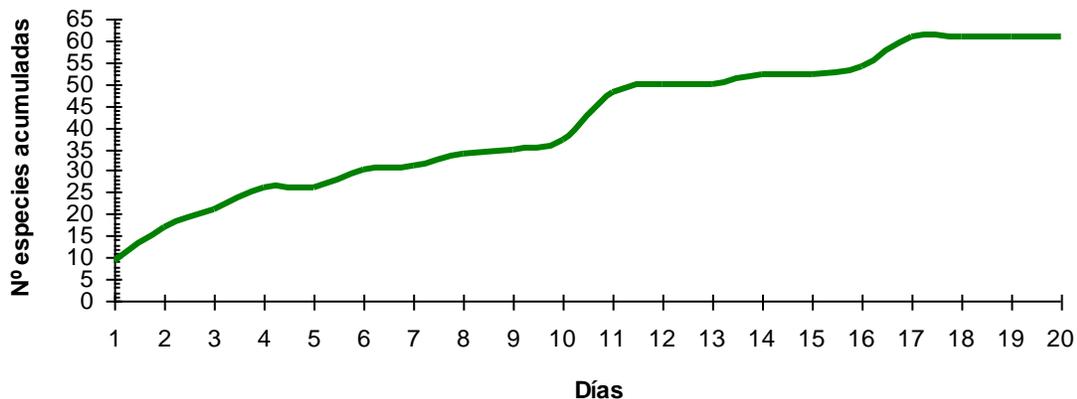
vida es la que presenta mayor número de especies y además ofrece mejores condiciones para el mantenimiento de la fauna de estudio, ofreciendo mejor humedad, mejores refugios, oferta alimenticia, sitios de anidación, fuentes de agua, etc.

- **Curva del número acumulado de especies**

Se utilizó el método de registro general por zona de vida, y se evaluó qué tan completa es la lista de especies resultante mediante el análisis de gráficas que representan el número acumulado de especies de mamíferos observados en un área, con relación al total del tiempo acumulado en días.

En el Bosque Húmedo Tropical (bh-T) (véase la Figura 4.32), en los primeros cinco días, la pendiente de la curva se incrementa bastante; luego declina un poco pero sin estabilizarse, y en el día 10 la pendiente vuelve a aumentar. El incremento tan notable de la curva en los primeros días de muestreo es razonable ya que son los primeros registros, y a medida que transcurren los días, se dan repeticiones en las especies observadas o capturadas.

**Figura 4.32 Comportamiento de la curva de acumulación de especies en el bosque húmedo tropical (bh-T)**

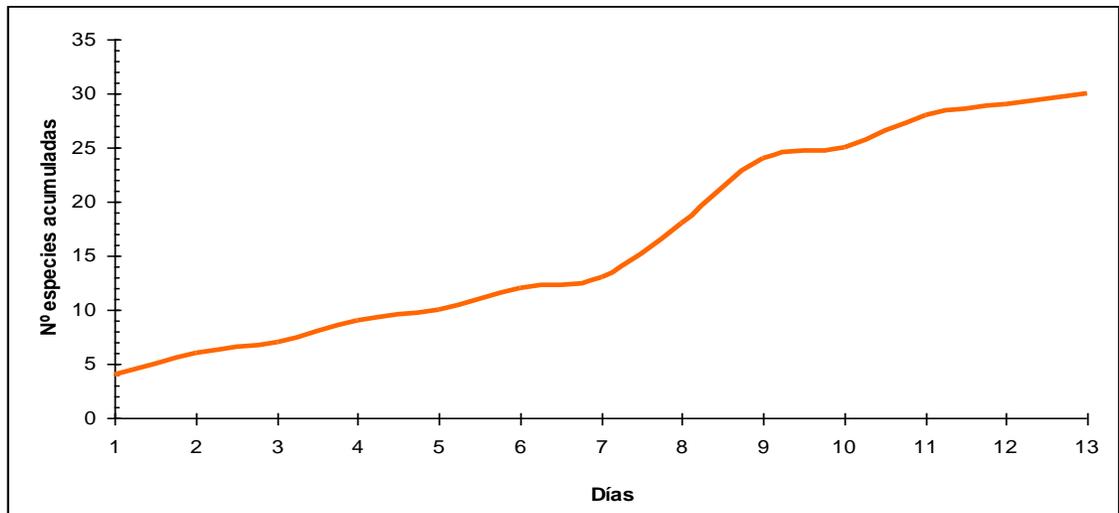


Sin embargo, el comportamiento de la curva indica que, a pesar de que en los tres últimos días la pendiente se estabiliza, la muestra aún no proporciona una representación razonable de las especies que componen la comunidad de mamíferos en el área de estudio (bosque húmedo tropical). La representación es razonable cuando la pendiente disminuye y se mantiene constante después de un tiempo prolongado de muestreo.

La curva de acumulación de especies no muestra una tendencia clara a estabilizarse en una asíntota después de 20 días de muestreo, indicando que aún no se ha alcanzado el registro total de especies en los sitios muestreados.

En el Bosque Seco Tropical (bs-T) (véase la Figura 4.33), en los 13 días de muestreo la pendiente de la curva se incrementa y permanece constante.

**Figura 4.33 Comportamiento de la curva de acumulación de especies en el bosque húmedo tropical (bh-T)**



La curva de acumulación de especies no muestra una tendencia clara a estabilizarse en una asíntota después de los 13 días de muestreo, indicando que aun no se ha alcanzado el registro total de especies en los sitios muestreados.

El comportamiento de la curva indica que la muestra no proporciona una razonable representación de las especies que componen la comunidad de mamíferos en el área de estudio. La representación es razonable cuando la pendiente disminuye y se mantiene constante después de un tiempo prolongado de muestreo.

#### **4.1.2.3 Anfibios y reptiles**

- **Metodología**

- **Transectos**

Para caracterizar la herpetofauna de la región del proyecto se efectuaron cuatro muestreos de campo los días (20 de julio a 3 de agosto; 28 de agosto a 11 de septiembre; 29 de septiembre a 7 de octubre; y del 13 al 17 de octubre) en los sitios indicados en el Plano F-PHI-EAM-LB-AA-PE-MON. Los datos se tomaron mediante registro visual, en transectos de 100 metros de largo por dos de ancho (Sutherland, 1996), en los hábitat de bosque de galería y bosque secundario.

Los transectos se ubicaron al azar, de tal forma que abarcaran áreas representativas del hábitat estudiado, tanto en la zona que será inundada por el embalse como en áreas

adyacentes a las obras principales. En los recorridos participaron dos personas, separadas entre sí una distancia de dos metros, removiendo la hojarasca, los troncos caídos, examinando los agujeros de los árboles, y otros microhábitats que pudieran ofrecer condiciones de humedad y temperatura para la herpetofauna como en fitotelmas (bromelias) y en troncos, hasta los 3 m de altura, además en cuerpos de agua (arroyos, caños, charcos y quebradas) (Sutherland, 1996) (véanse las Fotografías 46 y 47).



Fotografía 46 Búsqueda bajo piedras



Fotografía 47. Búsqueda en hojarasca

Considerando que la herpetofauna responde a diferentes gradientes ambientales, especialmente de humedad, se localizaron los transectos de manera que atravesaran diferentes microhábitats. Los recorridos se realizaron en la mañana, entre las 9:00 y 12:00 horas y en la tarde entre 14:00 y las 17:00 horas, empleando una hora por transecto (dependiendo de las características bióticas de éstos como la cantidad y complejidad de los microhábitats; el orden (día) del recorrido también fue sometido al azar, para disminuir los sesgos que suelen producirse por las variaciones climáticas de un día a otro ya que en días soleados se puede tener un mejor registro de la herpetofauna, comparado con los días lluviosos, debido a que estos individuos aprovechan las temperaturas cálidas para regular su temperatura corporal y por lo tanto su metabolismo..

Todos los individuos capturados fueron identificados en campo, los cuales se determinaron mediante las claves taxonómicas de Ayala & Castro (Sin Publicar) y de Cochran & Goin (1970). Cada individuo capturado se introdujeron en bolsas plásticas y de bolsas húmedas de tela para su posterior toma de medidas, descripción y fotografía. Toda la información recogida en campo se consignó en formatos.

Los individuos no identificados en campo se colectaron y sacrificaron con inyección letal de xilocaina en la región cardíaca. Posteriormente fueron fijados en formalina al 10%, durante un periodo de 5 días y finalmente almacenados en alcohol al 70%. La determinación de anfibios y reptiles, se realizó con la ayuda de claves taxonómicas y la colección de referencia del Museo Herpetológico de Antioquia donde existe material de la zona de estudio.

Tanto la colección de anfibios como la de reptiles se depositaron en el Museo Herpetológico de Antioquia de la Universidad de Antioquia, actualmente reconocido por el Instituto Alexander Von Humboldt.

#### - Senderos

Con el objetivo de complementar los registros locales, se realizaron reconocimientos libres diurnos, durante los desplazamientos entre los sitios de muestreo, a lo largo de senderos y áreas abiertas. Estas observaciones se efectuaron durante la mañana y la tarde, a diferentes horas, pero con un esfuerzo de muestreo menor al método anterior.

#### - Encuestas

Además, se realizó una encuesta informal con las personas de la zona, la cual consistía en indagar por las especies de anfibios y reptiles de la región, en particular por el grupo de las serpientes.

#### • Análisis de los datos

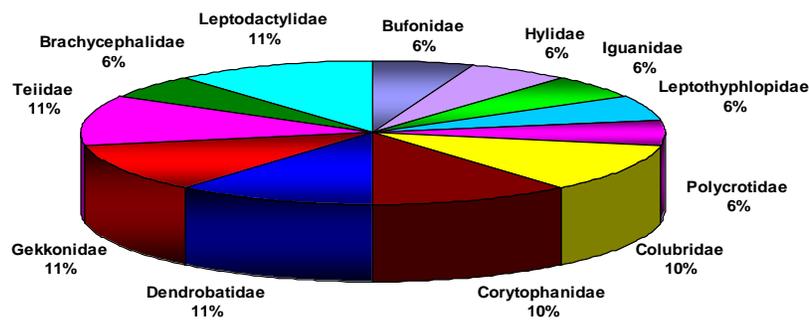
#### - Abundancia Relativa

La abundancia absoluta para cada sector y, en general, para toda el área de muestreo, se determinó al dividir el número de individuos colectados de cada especie sobre el número total de horas de muestreo. Para obtener la abundancia relativa, se procedió a dividir la abundancia absoluta de cada especie por la sumatoria de las abundancias absolutas de cada especie multiplicada por cien.

#### • Resultados

En el período comprendido entre los meses de agosto y noviembre del año 2006, se registraron en total 18 especies de anfibios y reptiles en el área de estudio del proyecto. En la Figura 4.34 se muestran los grupos encontrados y su porcentaje con respecto al total de especies.

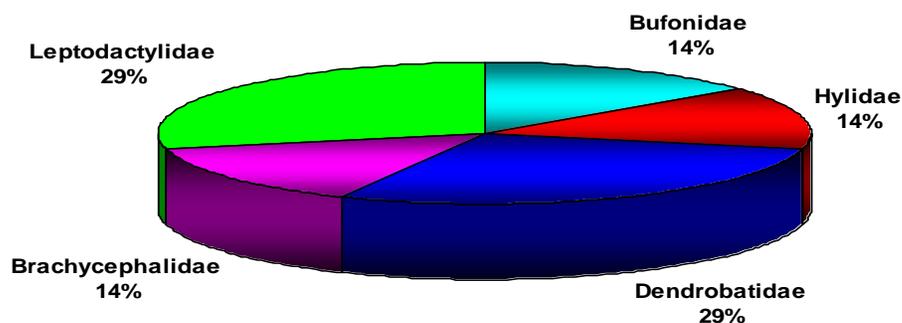
**Figura 4.34. Porcentajes de los grupos de anfibios y reptiles en el área de estudio**



## - Anfibios

En el muestreo cuantitativo se registraron siete especies agrupadas en el orden Anura, comprendidas en cinco familias y seis géneros, siendo las familias Leptodactylidae y Dendrobatidae las mejor representadas con dos especies (29%) cada una, seguidas por las familias Bufonidae, Brachycephalidae e Hylidae, con una especie cada una (14%), como se puede observar en la Figura 4.35. En total, entre muestreos cuantitativos y no cuantitativos, se registraron ocho especies.

**Figura 4.35. Riqueza de especies por familia durante toda la fase de campo.**



Dentro de los muestreos nocturnos (no cuantitativos), los cuales se presentan en la Tabla 4.65, se detectó únicamente la presencia de la especie *Leptodactylus bolivianus*.

**Tabla 4.65. Atributos ecológicos de las especies de anfibios encontrados en el estudio**

Familia	Especie	Autor	Distribución Altitudinal	Hábitat	Hábito	Período de Actividad	Dieta	Estatus de Conservación
Bufonidae	<i>Chaunus marinus</i>	Linnaeus 1758	0 - 2600	Interior y borde de bosque, zonas abiertas	Terrestre	Diurno / Nocturno	Insectos, material vegetal	No se encuentra en listas
Hylidae	<i>Hyla sp</i>							
Dendrobatidae	<i>Colostethus pratti</i>	Boulenger, 1899	0 – 1160	Interior y borde de bosque en quebradas	Terrestre	Diurno	Insectos	No se encuentra en listas
	<i>Dendrobates truncatus</i>	Cope, 1861 "1860"	530 - 1100	Interior y borde bosque, z. intervenidas				Apéndice II del CITES

**Tabla 4.65. Atributos ecológicos de las especies de anfibios encontrados en el estudio. (Continuación)**

Familia	Especie	Autor	Distribución Altitudinal	Hábitat	Hábito	Período de Actividad	Dieta	Estatus de Conservación
Brachycephalidae	<i>Craugastor raniformis</i>	Boulenger, 1896	0 – 1430	Potreros, zonas perturbadas	Terrestre	Diurno / Nocturno	Insectos	No se encuentra en listas
Leptodactylidae	<i>Eleutherodactylus sp</i>							
	* <i>Leptodactylus bolivianus</i>	Boulenger 1868	0 – 1400					
	<i>Engystomus pustulosos</i>	Cope 1864	0 – 1540					

\* Registrada en el muestreo no cuantitativo.

- **Curva de acumulación de especies de anfibios**

**Zona de vida de Bosque Húmedo Tropical (bh-T)**

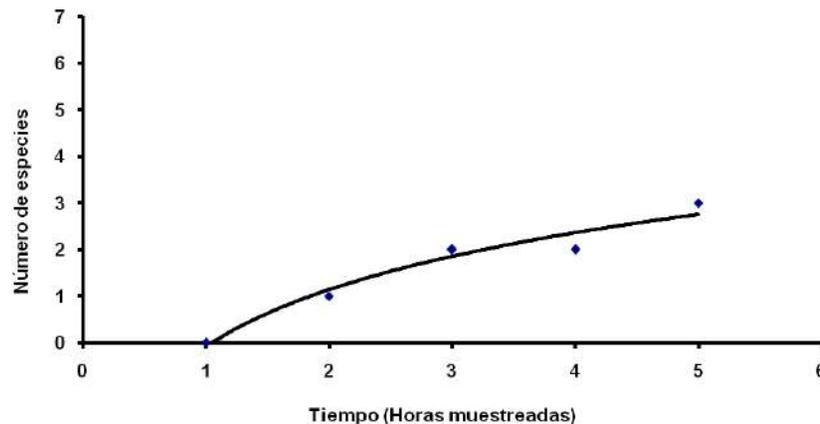
A pesar de realizarse un esfuerzo grande por encontrar el mayor número de especies, la curva de acumulación de especies para el bosque húmedo, que se presenta en la Figura 4.36, sólo reporta en total tres especies encontradas en el período de muestreo, y no presenta tendencia a estabilizarse. Es importante anotar que la mayoría de los transectos se realizaron en bosques secundarios, cerca a cuerpos de agua o en quebradas, los cuales presentan mayor cantidad de microclimas propicios para los individuos de este grupo.

Las especies más crípticas y de hábitos generalistas fueron las descubiertas en el muestreo, faltaron por registrarse algunas especies como las anotadas en la Tabla 4.65 pues se trata de especies que han sido reportadas en la zona pero en el presente estudio no fueron observadas. Esta distorsión en los datos puede deberse a la época del año en la que se realizaron los muestreos ya que algunas especies pueden reproducirse durante todo el año, mientras que otras solo se reproducen en determinada épocas y por lo tanto son vistas únicamente en esos cortos períodos de tiempo.

El bajo número de anfibios reportados durante el estudio se debe principalmente a las altas temperaturas de la zona, lo cual es un factor determinante en la estructura de la comunidad de anfibios y de su utilización espacio temporal del bosque. Cabe resaltar que el muestreo se realizó sólo en época de lluvia y que para obtener un muestreo más representativo se deben tener en cuenta el primer mes de lluvias y el veranillo (período de disminución de lluvias, intermedio entre la temporada invernal) ya que es cuando la tasa de detección para las especies es más estable y se tiene una mayor posibilidad de encontrarlos (Rueda et al, 2006). De igual manera el subsistema suelo – hojarasca, que provee regímenes adecuados de humedad para el desarrollo de anfibios terrestres, presenta además superficies y espacios subterráneos frescos, en los cuales pueden ocultarse las diferentes especies terrestres dificultando su detección.

Adicionalmente, debido a factores relacionados con la seguridad, no se llevaron a cabo los muestreos nocturnos; y es bien sabido que la mayoría de los grupos anfibios en los trópicos (hílidos, centrolénidos, ránidos, bufónidos) son especialmente activos durante la noche, entre las 19 – 23 horas (Rueda et al, 2006), como una adaptación para evitar las altas temperaturas diurnas (Vargas & Castro, 1999).

**Figura 4.36. Curva de acumulación de especies en la zona de vida de bh-T durante todo el estudio.**



Es importante anotar que las tres especies observadas: *Dendrobates truncatus*, *Chaunus marinus* y *Colostethus pratti* son de actividad diurna y terrestre (la mayor parte de los dendrobátidos, algunos bufonidos, ciertos leptodactilidos presentan actividad diurna), lo cual explicaría su presencia en estas muestras, que fueron obtenidas durante el día.

En este sector se observa perturbación intensa del bosque que deja como remanente un estrecho cordón de vegetación en los sitios más abruptos a lo largo del río Cauca y de algunos de sus afluentes, lo cual ocasiona tanto el desplazamiento de las especies que no se pueden adaptar a las situaciones cambiantes del hábitat como la colonización de especies de hábitos generalistas y de hábitat abiertos y perturbados, como es el caso de *D. truncatus* y *C. marinus*, de resistencia comprobada a la fragmentación (Osorno, 1999).

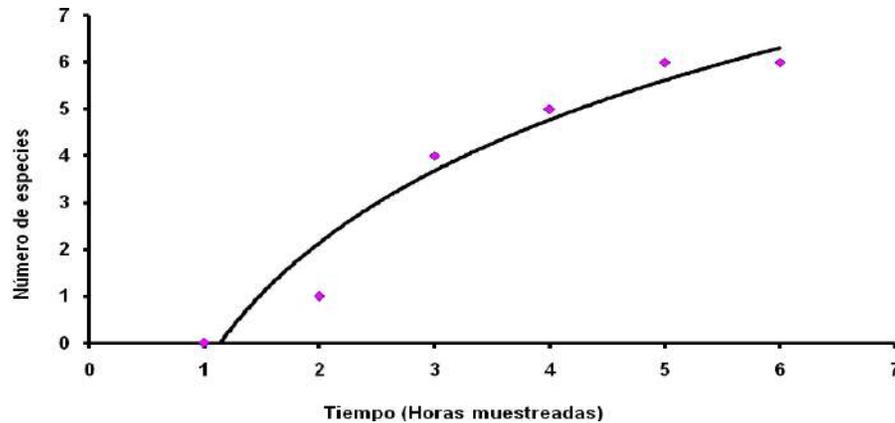
### Zona de vida de Bosque Seco tropical (Bs-T)

La curva de acumulación de especies para la zona de vida de bosque seco tropical, que se presenta en la Figura 4.37, no muestra una tendencia a estabilizarse. Se puede deducir que se requiere de más tiempo de muestreo para establecer la composición de la fauna anfibia en este bosque.

Este hecho se debe, entre otros factores a que en esta zona de vida el subsistema suelo – hojarasca no está suficientemente formado para proporcionar la humedad adecuada para el desarrollo de los anfibios, cuyas condiciones fisiológicas y etológicas, requieren condiciones especiales de humedad relativa del aire, temperatura y precipitación. Sin embargo, el bosque seco tropical se caracteriza por una precipitación anual bastante baja sobre cuyos rangos no existe aún consenso entre los autores. Por ejemplo Murphy &

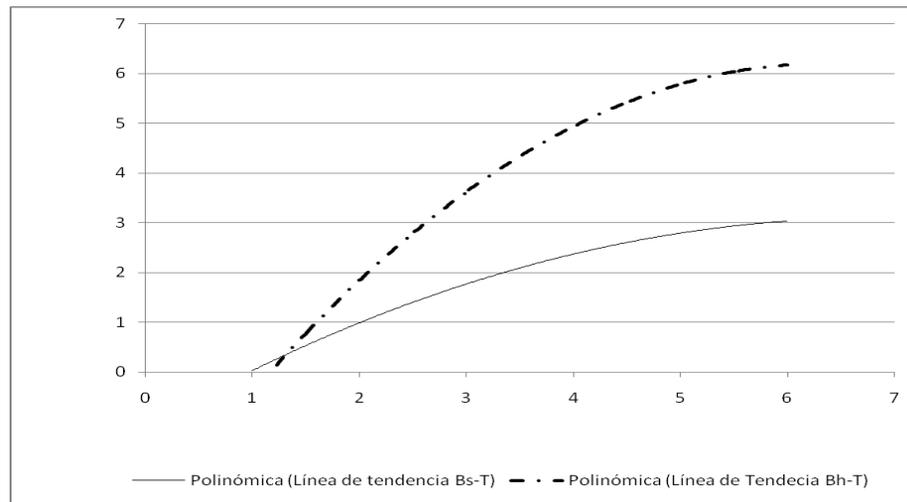
Lugo (1986) proponen entre 600 y 1800 mm/año, Holdridge et al. (1971), dicen que está entre 250 y 1800 mm, mientras que Espinal & Montenegro (1977), opinan que varía entre 1000 y 2000 mm.

**Figura 4.37. Curva de acumulación de especies en la zona de vida del bs-T durante todo el estudio.**



Si se comparan las curvas de acumulación de especies para las dos zonas de vida, véase la Figura 4.38, se encuentra que el número de especies es mayor en el bosque seco tropical, cumplida una misma intensidad de muestreo. Se sabe que este hecho está dado por varios factores, entre los cuales se tienen los ecológicos (dispersión por disponibilidad de humedad), biogeográficos (mezcla de elementos biogeográficos o sobreposición de faunas) y estratificación del bosque (Lynch & Suárez, 1986), lo que hacen el muestreo de un bosque húmedo mucho más complejo.

**Figura 4.38. Curva de acumulación de especies en las dos zonas**



Los bosques secos además, poseen mayor y mejor visibilidad, debido a que el sotobosque es de estructura simple, compuesto por pocas especies de hierbas y arbustos (véanse las Fotografías 48 y 49) y sin o con poca hojarasca, y por lo tanto con menos microhábitats, haciéndose relativamente más fácil de muestrear que un bosque húmedo.



Fotografía 48. Zona de bh-T



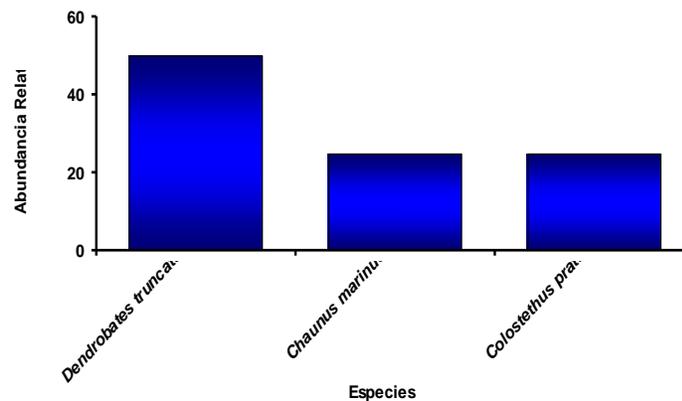
Fotografía 49. Zona de bs-T

- **Abundancia relativa por zona de vida**

**Zona de vida del Bosque Húmedo Tropical (bh-T)**

En general, las abundancias relativas de las especies observadas en el Bosque Húmedo tropical fueron bajas, como se puede observar en la Figura 4.39. La especie que presentó mayor abundancia relativa fue *Dendrobates truncatus* (véase la Fotografía 5), la cual se caracteriza por sus amplias preferencias de hábitat, observándose incluso que resiste bastante bien la fragmentación de su hábitat (Osorno, 1999).

**Figura 4.39. Abundancia Relativa de las especies de la zona de vida del bh-T.**



Se encontró, en la mayoría de los casos en hojarasca formada por las especies *Centrolobium paraences* (Piñón de oreja), *Astronium graveolens* (Hobo) y *Platymischium pinnatum* (Guayacán). Además, su reproducción la hace independiente de fuentes de agua, al presentar desarrollo directo asociado con el sotobosque.

La segunda especie con mayor abundancia relativa fue *Chaunus marinus*, especie cosmopolita, con preferencias de hábitat y alimento muy amplias, que puede reproducirse en inmediaciones de cuerpos de agua permanente como son las charcas formadas por los ríos, cuando baja su nivel. Así mismo, *Colostethus pratti* (véase la Fotografía 6) fue la otra especie observada durante toda la temporada de muestreo debido a su afinidad por quebradas y una muy baja dispersión.



Fotografía 50. *Dendrobates truncatus*



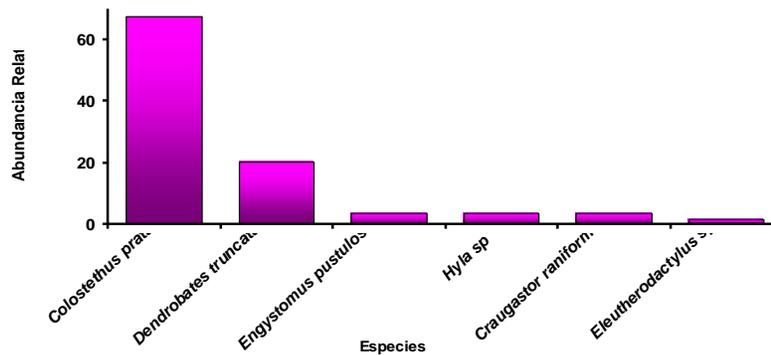
Fotografía 51. *Colostethus pratti*

### Zona de vida de Bosque Seco Tropical (Bs-T)

La especie que presentó mayor abundancia relativa durante los muestreos en zona de vida de bosque seco tropical fue *Colostethus pratti*, seguida por *Dendrobates truncatus*, como se puede observar en la Figura 4.40. Es importante anotar que las especies registradas en esta zona de vida, no se encontraron en el interior de los parches de vegetación sino en las orillas de ríos y quebradas. Además, *C. pratti* se encontró cerca las pequeñas caídas de agua, donde se observaron poblaciones grandes.

*Dendrobates truncatus* se encontró en hojarasca de *Sciadodendron excelsum* (arracachos), *Bursera simarouba* (indio desnudo o carate) y *Spondias mombin* (hobo). La rana *Hyla sp* fue encontrada usando como microhábitat las grandes concentraciones de *Dieffenbachia parlatorei* (Aracea), ubicada alrededor de corrientes de agua. *Engystomus pustulosus* (véase la Fotografía 52), aparece en el Bosque Seco tropical sólo durante la temporada de lluvias (entre Febrero y Abril), usando como microhábitat las márgenes de fuentes de aguas pasajeras (pozas y riachuelos) formados por las lluvias.

Figura 4.40. Abundancia Relativa de las especies encontradas en bs-T.



- **Heterogeneidad y Equitatividad en las dos zonas de vida**

Como se observa en la Figura 4.39 y la Figura 4.40, la comunidad de anfibios en la zona de vida del bosque húmedo tropical presenta menor heterogeneidad de especies, ya que está constituida por tres especies, mientras que en el la zona de vida del bosque seco tropical consta de seis. En el bs- T se observa una equitatividad menor debida claramente a la dominancia de *Colostethus praxi*, seguida de lejos por *Dendrobates truncatus*.

La baja diversidad de especies observada en ambas zonas de vida, puede deberse a la fuerte perturbación antrópica que incrementa la fragmentación y la contaminación causando cambios en el microclima que conducen finalmente al desecamiento del hábitat de quebrada, y por lo tanto, alteran la composición de las comunidades de anfibios (Laurence, 1991; Lovejoy *et al.*, 1986).

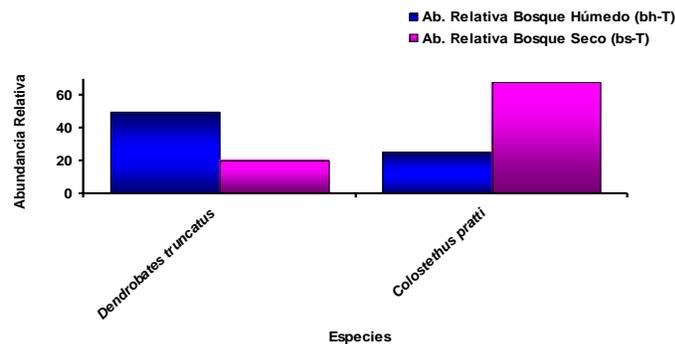


Fotografía 52. *Engystomus pustulosus*

- **Abundancia relativa de las especies comunes en las dos zonas de vida**

Las especies de anfibios más abundantes en las dos zonas de vida, son *Dendrobates truncatus* y *Colostethus pratti*, siendo la primera dominante en el Bh-T y la segunda en el Bs-T, como se puede observar en la Figura 4.41. Estas especies se caracterizan por un extenso rango de distribución, por tener grandes poblaciones, preferencias de hábitat amplias y por ser resistentes al efecto de fragmentación.

**Figura 4.41. Abundancia relativa de las especies comunes a las dos zonas de vida.**



- **Gremios alimenticios de los anfibios**

Las especies de anfibios halladas en el área de influencia del proyecto son insectívoras. Estas especies ejercen un control con respecto a diversos artrópodos y, en especial, sobre insectos que por su proliferación, pueden llegar a ser plagas.

- **Estatus de las especies y endemismos en el área del proyecto**

En la totalidad del área del proyecto no se encontró ninguna especie endémica de la región en cuanto al estatus de conservación, se puede decir que sólo la especie *Dendrobates truncatus* se encuentra en el Apéndice II del CITES. En la Tabla 4.65 se describen los atributos ecológicos de las especies de anfibios encontradas y en la Tabla 4.66 se presentan las especies de reptiles encontrados en el área de estudio del proyecto hidroeléctrico Ituango.

- **Reptiles**

En los muestreos cuantitativos de la clase Reptilia se observaron 19 especies, agrupadas en 18 géneros y siete familias del orden Squamata. Las familias mejor representadas son Colubridae (19%), Teiidae (18%), Gekkonidae (18%) y Corytophanidae (18%) con dos especies cada una. De otro lado las familias Iguanidae (9%), Polycrotidae (9%) y Leptotyphlopidae (9%) están representadas por una sola especie. (Véase la



Figura 4.42)

En cuanto al muestreo no cuantitativo, se registraron un total de ocho especies, dentro de las cuales las serpientes son las más representativas, con cinco especies, la mayoría de ellas muertas por los lugareños: *Boa constrictor*, *Epicrates cenchria maurus*, *Atractus sanguineus*, *Chironius monticola* y *Drymarchon corais*. Además, se reportan tres especies de lagartos: *Hemidactylus brokki*, *Gymnophthalmus speciosus* y *Leposoma rugiceps*.

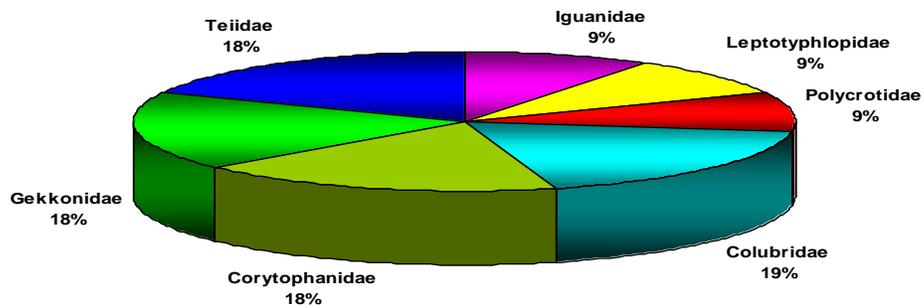


**Tabla 4.66. Listado de especies de reptiles hallados en la zona de estudio**

Especie	Distribución Altitudinal	Hábitat	Hábito	Período de Actividad	Dieta	Estatus
<i>Basiliscus basiliscus</i>	0 - 1500	Interior y borde de bosque, cuerpos de agua con vegetación	Terrestre	Diurno	Insectos, peces, frutos, ranas	No está en listas
<i>Basiliscus galeritus</i>	0 - 1500					
<i>Gonatodes albogularis</i>	0 - 1500	Zonas tropicales bajas, áreas abiertas. Bosque secundario y ripario. Casas	Arbóreo	Nocturno	Insectos	No está en listas
* <i>Hemidactylus brooki</i>	1400 - 2300					
<i>Thecadactylus rapicauda</i>	0 - 1300	Dosel de bosque primario y secundario, construcciones humanas	Arbóreo	Nocturno	Insectos	No está en listas
* <i>Leposoma rugiceps</i>	¿	¿	Terrestre	Diurno	Insectos	No está en listas
<i>Gymnophthalmus speciosus</i>	¿	¿				
<i>Iguana iguana</i>	¿	Desde bosques hasta parques de ciudades	Arbóreo / terrestre	Diurno	Frutos, material vegetal	II, LC
<i>Anolis auratus</i>	?	Áreas abiertas	Arbóreo	Diurno	Insectos	No está en listas
<i>Ameiva ameiva</i>	¿	Zonas tropicales bajas, áreas abiertas	Terrestre	Diurno	Insectos	No está en listas
<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>	?					
* <i>Boa constrictor imperator</i>	0 - 1000	Bosque pluvial tropical hasta hábitas desérticos	Terrestre/ Arbóreo	Diurno / Nocturno	Ranas, mamíferos, lagartos	No está en listas
* <i>Epicrates cenchria maurus</i>	¿					
* <i>Atractus sanguineus</i>	¿		Terrestre / Fosorial	Nocturno / crepuscular	Invert. edáficos	No está en listas
* <i>Chironius monticola</i>	¿		Terrestre	Diurno	Ranas	No está en listas
<i>Clelia clelia</i>	¿					
* <i>Drymarchon corais</i>	¿		Terrestre / arbórea	Diurno	Ranas, mamíferos, lagartos	No está en listas
<i>Spilotes pullatus</i>	¿					
<i>Leptotyphlops macrolepis</i>	¿		Fosorial		Termitas, hormigas	No está en listas

\* Registrada en el muestreo no cuantitativo.

**Figura 4.42. Riqueza de especies por familia durante toda la fase de campo.**

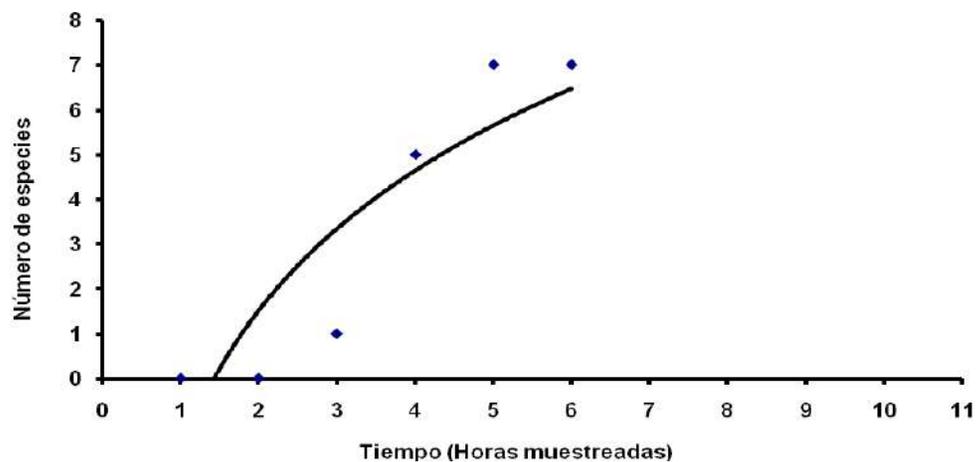


- **Curva de acumulación de especies de reptiles**

**Zona de vida del Bosque Húmedo Tropical (bh-T)**

Como se observa en la Figura 4.43, la tendencia de la curva es ascendente, lo cual indica que si se amplía el muestreo en esta zona de vida se pueden encontrar más especies. Además de las deficiencias típicas del sistema de capturas, que no siempre es efectivo en un cien por ciento, es posible que al tomar datos en una temporada menos lluviosa que la ocurrida durante el muestreo, se amplíe el registro porque se sabe que los reptiles no sólo se distribuyen en el espacio, sino también en el tiempo.

**Figura 4.43. Curva de acumulación de especies en bh-T durante todo el estudio**

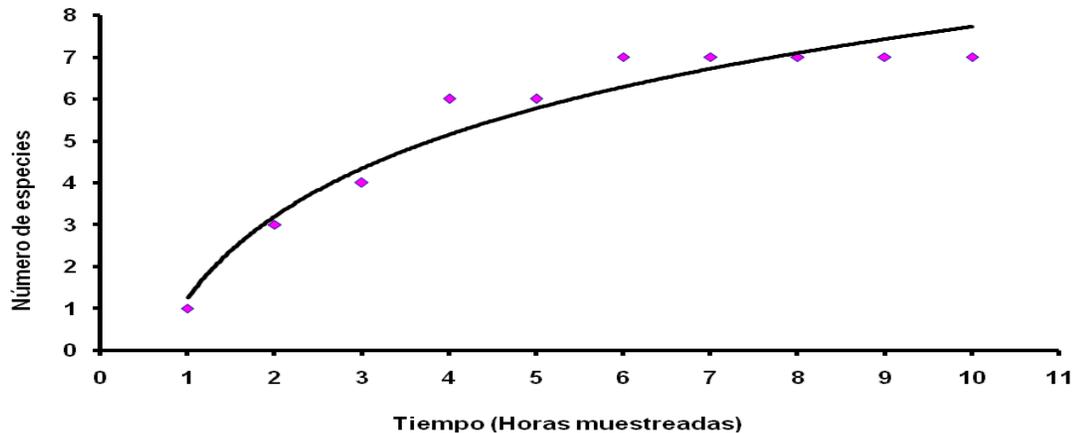


Complementando lo anterior, los bosques de esta zona de vida tienen una estructura vertical de varios estratos que ofrecen hábitats adicionales para la herpetofauna como es el caso de aquellas que acostumbrar utilizar perchas.

### Zona de vida del Bosque Seco Tropical (Bs-T)

La curva de acumulación de especies de esta zona de vida (véase la Figura 4.44) , muestra una tendencia a estabilizarse después de diez horas de muestreo acumuladas y siete especies, indicando de esta manera que el esfuerzo de muestreo realizado fue suficiente para establecer la composición de la fauna de reptiles.

**Figura 4.44. Curva de acumulación de especies en bs-T durante todo el estudio**

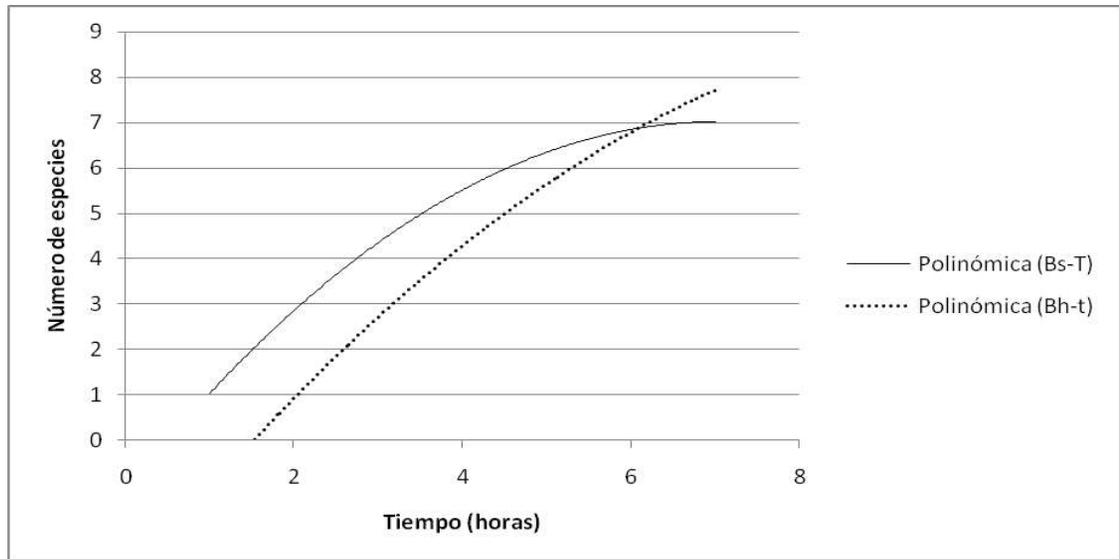


La mayoría de las especies registradas ocupan microhábitats adyacentes a fuentes de agua (ríos, quebradas y lagunas). En cuanto a la actividad, todas las especies de saurios, a excepción de *Thecadactylus rapicauda* y *Gonatodes albogularis*, presentaron actividad diaria durante horas con disponibilidad de sol (entre la 10:00 y las 15:00 h). Todas las especies de reptiles observadas poseen afinidad a diversos tipos de hábitat y un amplio rango de distribución.

- **Curva de acumulación de especies para las dos zonas**

En la Figura 4.45 se observa que existen diferencias en el patrón en la curva de acumulación de especies de reptiles para los transectos ubicados en las dos zonas muestreadas. La tendencia de la curva de bosque seco es asintótica y a su vez indica que el tiempo de muestreo fue suficiente para establecer la composición de la fauna reptilia. En el bosque húmedo se registraron el mismo número de especies, en un tiempo menor de muestreo. Lo anterior puede deberse a que el bosque húmedo posee ciertas características como el microclima, la humedad, la profundidad de la hojarasca, disponibilidad de alimentos, diversidad de ambientes, que favorece la sobrevivencia y diversidad de las comunidades de reptiles, condiciones que son la base de la distribución de las especies en el hábitat (Heatwole, 1982).

Figura 4.45. Curva de acumulación de especies de reptiles en las dos zonas de vida.

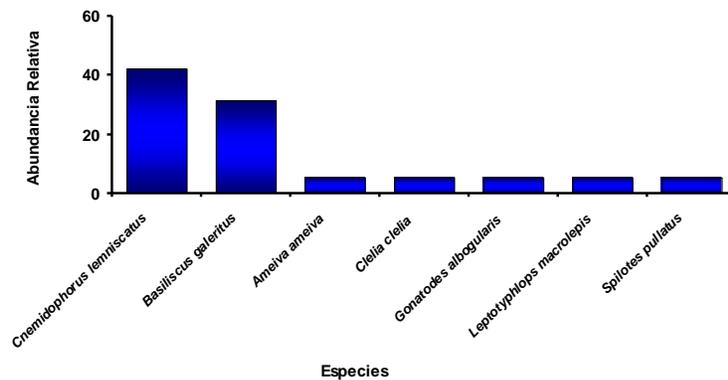


- **Abundancia relativa**

**Zona de vida del Bosque Húmedo Tropical (bh-T)**

Como se observa en la Figura 4.46, las especies que presentaron mayor abundancia relativa en el bh-T fueron *Cnemidophorus lemniscatus* (véase la Fotografía 53) y *Basiliscus galeritus*, ambas generalistas en cuanto a preferencias de alimento y hábitat, que se caracterizan por distribuirse en hábitat con diferente estado de conservación (Castro, 1998), seguidas de *Ameiva ameiva*, *Clelia clelia*, *Gonatodes albogularis*, *Leptotyphlops macrolepis* y *Spilotes pullatus*.

Figura 4.46. Abundancia Relativa de las especies encontradas en bh-T





Fotografía 53. *Cnemidophorus lemniscatus*

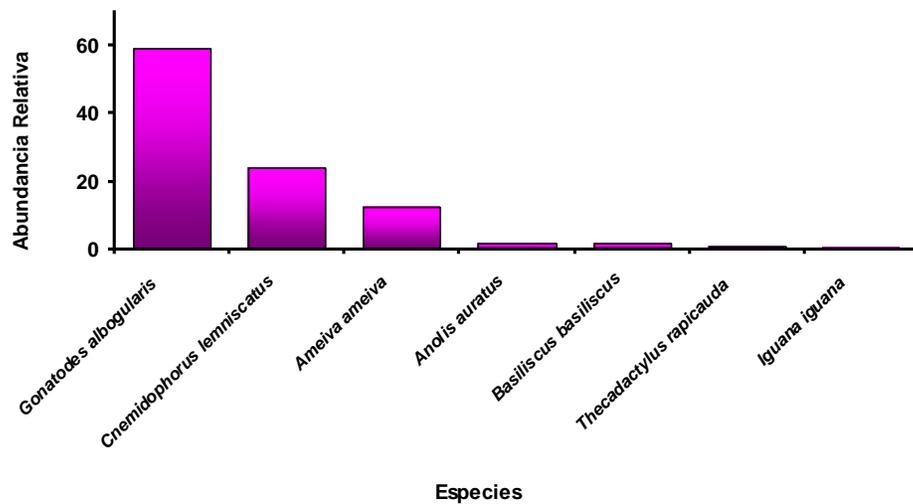


Fotografía 54. *Gonatodes albogularis*

### Zona de vida del Bosque Seco Tropical (bs-T)

Durante el estudio de este tipo de bosque, se presentó una alta abundancia relativa de *Cnemidophorus lemniscatus* y *Gonatodes albogularis* (véase la Fotografía 54) y como se puede observar en la Figura 4.47.

Figura 4.47. Abundancia Relativa de las especies encontradas en bs-T



*Gonatodes albogularis* y *Cnemidophorus lemniscatus* se caracterizan por amplias preferencias, que incluyen hábitats en diferente estado de conservación. Se ha observado que a medida que los parches se hacen más pequeños y aislados, los cambios en el microclima y la exposición al sol pueden ocasionar la disminución de humedad del hábitat

de bosque (Laurence, 1991; Lovejoy *et al.*, 1983), hecho que limita la distribución de los reptiles en este tipo de cobertura. En términos generales, los reptiles encontrados en el bs-T son especies con preferencias de hábitat amplias, como es el caso de *Anolis auratus* (véase la Fotografía 55).

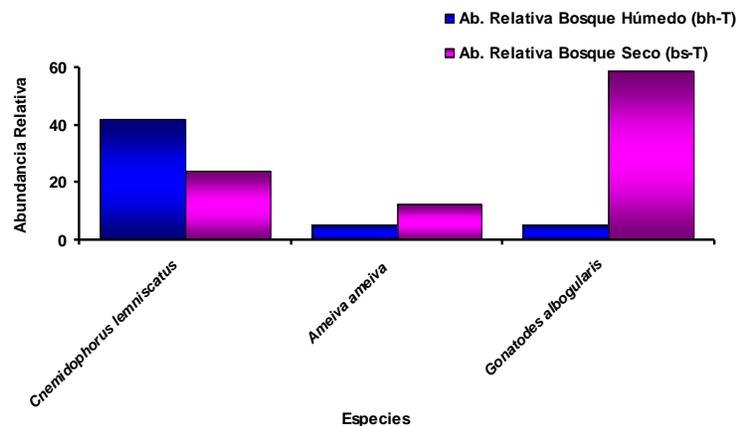


Fotografía 55. *Anolis auratus*

- **Heterogeneidad y Equitatividad**

Como se observa en la Figura 4.46 y la Figura 4.47, la comunidad de reptiles en las dos zonas de vida consta de siete especies. En cuanto a la equitatividad, se puede decir que ambas poseen el mismo patrón, ya que presentan una o dos especies dominantes. Dentro de las especies registradas para los dos tipos de bosques muestreados, se cuentan *Cnemidophorus lemniscatus*, *Ameiva ameiva* y *Gonatodes albogularis*, especies que no requieren de hábitat específicos, lo cual se aplica para la mayoría de especies encontradas en el estudio (véase la Figura 4.48).

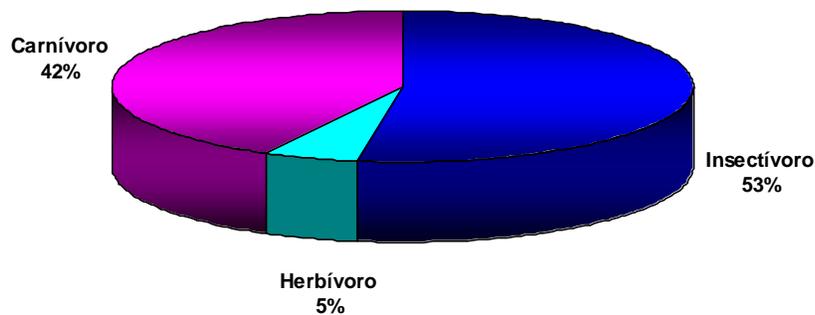
**Figura 4.48. Abundancia relativa de las especies comunes encontradas en las dos zonas de vida**



- **Gremios alimenticios de los reptiles**

Como se observa en la Figura 4.49 el gremio de los insectívoros (53%) es el dominante con respecto a los carnívoros (42%) y los herbívoros (5%). En términos taxonómicos, la mayoría de los consumidores de insectos pertenecen a los lagartos, mientras que los mayores consumidores de vertebrados son las serpientes, en tanto que los herbívoros están casi totalmente representados por la iguana.

**Figura 4.49. Gremios tróficos de los reptiles encontrados en las dos zonas de vida**



- **Estatus de las especies y endemismos en el área del proyecto**

Entre las especies observadas en el área de estudio, no se encontró ninguna que presentara endemismo; en cuanto al estatus de conservación, puede afirmarse que la única que se encuentra bajo riesgo es *Iguana iguana*, ya que es capturada para extraerle los huevos, y las crías son comercializadas como mascotas (véase la Fotografía 56).



Fotografía 56. *Iguana iguana*

Aunque no se encuentran bajo ninguna categoría de riesgo en las listas del CITES, como se puede observar en la Tabla 4.67, todas las especies de serpientes está sometidas a presión humana, ya sea directa o indirectamente por muerte, captura de los animales o alteración del medio. Además, la *Boa constrictor* presenta explotación comercial.

**Tabla 4.67. Especies con algún grado de amenaza**

Familia	Especie	Categoría de amenaza
Iguanidae	Iguana iguana	II, LC
Boidae	Boa constrictor imperator	
	Epicrates cenchria maurus	
Colubridae	Atractus sanguineus	
	Chironius monticola	
	Clelia clelia	
	Drymarchon corais	
	Spilotes pullatus	
Leptotyphlops	Leptotyphlops macrolepis	

#### - Índices de diversidad

- Índice de diversidad de Shannon- Weaver

En la Tabla 4.68 se observa que el valor más alto de diversidad se alcanzó en el Bosque Húmedo con 0,818 y el menor en el Bosque Seco 0,718. Este bajo valor de diversidad se relaciona con el alto número poblacional de la especie *Gonatodes albogularis*, que corresponde al 44% del total de especies capturadas.

**Tabla 4.68. Diversidad  $\alpha$  para los dos tipos de zonas de vida**

Índices	Bosque Húmedo Tropical	Bosque Seco Tropical
No. Individuos	23	239
No. Especies	10	13
Área (m)		
Alfa	6.731	2.952
Margalef DMg	12.484	7.148
Dominancia Simpson	0.714	0.266
Shannon H	0.818	0.718

Los resultados del índice de diversidad en bh-T indican que esta zona presenta mejores condiciones para la herpetofauna. No obstante, estos resultados se relacionan más con la susceptibilidad de captura de las especies que con la calidad ambiental del sitio, porque al igual que el bs-T está bastante intervenido y presenta especies de hábitats abiertos o perturbados.

- Índice de dominancia de Simpson

En término generales, los valores de dominancia fueron bajos, alcanzando un valor máximo de tan solo 0.174 para bh-T y 0.266 en bs-T (véase la Tabla 4.68). Estos valores



son consecuencia de la más alta abundancia de la especie *Cnemidophorus lemniscatus*, con 35% del total para el área de estudio.

- **Índice de riqueza de Margalef**

Como se observa en la Tabla 4.68, la riqueza presentó los máximos valores en el Bosque Húmedo con 12.484. Los mínimos valores de riqueza se registraron en el Bosque Seco con 7.148, lo cual indica que el bh-T es más rico en diversidad de especies que el bs-T.

- **Diversidad  $\beta$**

Los índices de Jacard (0,27) y Sorenson (0,22) señalan una baja similaridad de especies entre el Bosque Húmedo y el Bosque Seco, aunque presentan especies comunes y valores de riqueza parecidos.

- **Comparación con estudios anteriores**

En la Tabla 4.69 y la Tabla 4.70 se presentan las especies reportadas en el presente estudio y en estudios anteriores (INTEGRAL, 1981; INTEGRAL, 1995; INTEGRAL S.A, 1996; INTEGRAL, 1999 y el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sabanalarga).

**Tabla 4.69. Especies de anfibios registradas en el anterior y en el presente estudio**

Estudios anteriores	Estudio presente
Familia Bufonidae	
<i>Chaunus granulatus humboldti</i>	<i>Chaunus marinus</i>
<i>Chaunus marinus</i>	
Familia Brachycephalidae	
<i>Craugastor raniformis</i>	<i>Craugastor raniformis</i>
Familia Dendrobartidae	
<i>Colostethus modestus</i>	<i>Colostethus pratti</i>
<i>Colostethus palmatus</i>	<i>Dendrobates truncatus</i>
<i>Dendrobates histrionicus</i>	
<i>Phyllobates brunneus</i>	
<i>Phyllobates palmatus</i>	
Familia Hylidae	
<i>Cryptobatrachus fuhrmanni</i>	<i>Hyla sp</i>
<i>Gastrotheca nicefori</i>	
<i>Hypsiboas crepitans</i>	
<i>Hyla charlesbogerti</i>	
Familia Leptodactylidae	
<i>Eleutherodactylus vertebralis</i>	<i>Eleutherodactylus sp</i>
<i>Eleutherodactylus w-nigrum</i>	<i>Leptodactylus bolivianus</i>
<i>Hylodes erythropleura</i>	<i>Engystomus pustulosus</i>
Familia Ranidae	
<i>Rana palmipes</i>	



**Tabla 4.70. Especies de reptiles registrados en el anterior y en el presente estudio**

Estudios anteriores	Presente estudio
Familia Iguanidae	
<i>Iguana iguana</i>	<i>Iguana iguana</i>
Familia Corytophanidae	
<i>Basiliscus basiliscus</i>	<i>Basiliscus basiliscus</i>
<i>Basiliscus galeritus</i>	<i>Basiliscus galeritus</i>
Familia Gymnophthalmidae	
<i>Echinosaura horrida</i>	<i>Leposoma rugiceps</i>
<i>Leposoma rugiceps</i>	
Familia Scincidae	
<i>Mabuya mabouya</i>	
Familia Polycrotidae	
<i>Anolis antonii</i>	<i>Anolis auratus</i>
<i>Anolis auratus</i>	
<i>Anolis tropidogaster</i>	
<i>Anolis ventrimaculatus</i>	
Familia Teiidae	
<i>Ameiva ameiva</i>	<i>Ameiva ameiva</i>
<i>Ameiva bifrontata</i>	
<i>Ameiva festiva</i>	
<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>	<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>
Familia Boidae	
<i>Boa constrictor imperator</i>	<i>Boa constrictor imperator</i>
	<i>Epicrates cenchria maurus</i>
Familia Colubridae	
<i>Atractus andinus</i>	<i>Atractus sanguineus</i>
<i>Atractus melanogaster</i>	<i>Chironius monticola</i>
<i>Atractus obesus</i>	<i>Clelia clelia</i>
<i>Atractus oculotemporalis</i>	<i>Drymarchon corais</i>
<i>Leimadophis bimaculatus</i>	<i>Spilotes pullatus</i>
<i>Mastigodrias danieli</i>	
<i>Mastigodrias pleei</i>	
<i>Oxybelis argenteus</i>	
<i>Sibon nebulata</i>	
Familia Elapidae	
<i>Micrurus dumerilii antioquensis</i>	
<i>Micrurus dumerilii dumerilii</i>	
<i>Micrurus mipartitus</i>	
Familia Leptotyphlopidae	
<i>Leptotyphlops joshuai</i>	<i>Leptotyphlops macrolepis</i>
Familia Viperidae	
<i>Bothriopsis lansbergii</i>	
<i>Bothrops asper</i>	
<i>Bothrops colombiensis</i>	
<i>Lachesis muta</i>	
<i>Porthidium nasutum</i>	
Familia Kinosterinidae	
<i>Kinosternon postinguinale</i>	



Se observa claramente la diferencia en la diversidad de especies, hecho que se debe principalmente a que en los municipios que hacen parte del área de estudio se presenta un alarmante incremento de intervención de los bosques naturales, especialmente debido a la tala y quema de bosques para la ampliación de la frontera agrícola en zonas poco productivas. Es por eso que la flora y la fauna nativa viene siendo disminuida, afectando el equilibrio biológico del sistema ambiental.

La mayoría de las personas consultadas coincidieron en afirmar que las serpientes se han vuelto muy escasas en los últimos años, mientras que la iguana (*Iguana iguana*) es más común y es aprovechada como alimento por los pobladores de Santa Fe de Antioquia y Olaya, o, en los otros municipios, capturada para comercializarla.

- **Análisis de resultados**

La mayoría de las especies de anfibios y reptiles encontrados en el Bosque seco Tropical presentan marcadas respuestas a la estacionalidad. Muchos migran hacia zonas húmedas o bosques riparios, otros poseen adaptaciones fisiológicas para no perder agua, cambian de dietas, o acumulan grasas como fuente de alimento (Ceballos, 1995).

La mayor diversidad en bh-T se debe a que las ranas prefieren áreas con variabilidad de estratos y cobertura vegetal, siendo particularmente importantes las bromelias y briofitos, las cuales ofrecen un medio propicio para la satisfacción de los requerimientos de nicho de las especies de ranas registradas y minimizan la competencia interespecífica e intraespecífica; por ejemplo, la proporción de bromelias además de proveer un microhábitat adecuado cercano al suelo, contribuye a suministrar una cobertura para la supervivencia y reproducción de ranas con hábitos predominantemente terrestres; así mismo, la cantidad de hojarasca y briofitos en el suelo ayudan a retener el agua y a mantener una alta humedad en las zonas bajas del bosque.

## 4.2 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

El desarrollo de los temas concernientes a ictiofauna y a los ecosistemas acuáticos relacionados con el Río Cauca se presenta en el Anexo 4.14 "ICTIOFAUNA PRESENTE EN LA CUENCA DEL RÍO CAUCA" de este informe.



<b>4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO</b> .....	<b>4.1</b>
4.1 ECOSISTEMAS TERRESTRES .....	4.1
4.1.1 Flora .....	4.1
4.1.1.1 Descripción de coberturas vegetales.....	4.1
4.1.1.2 Coberturas vegetales en el corredor de la línea de transmisión .....	4.6
4.1.1.3 Establecimiento de parcelas .....	4.8
4.1.1.4 Estructura y composición de las coberturas vegetales .....	4.11
4.1.1.5 Composición de la vegetación.....	4.14
4.1.1.6 Especies amenazadas y protegidas por la legislación Colombiana .....	4.16
4.1.1.7 Especies endémicas .....	4.23
4.1.1.8 Usos de las especies. ....	4.23
4.1.1.9 Zonas protegidas .....	4.25
4.1.1.10 Estructura de las coberturas vegetales. ....	4.25
4.1.1.11 Relaciones dendrométricas.....	4.28
4.1.1.12 Índice de Valor de Importancia IVI .....	4.35
4.1.1.13 Regeneración natural.....	4.43
4.1.1.14 Medidas de diversidad .....	4.44
4.1.1.15 Perfiles típicos de los Bosques secundarios.....	4.46
4.1.1.16 Cuantificación de la biomasa aérea .....	4.47
4.1.1.17 Estimación de biomasa subterránea .....	4.67
4.1.1.18 Cuantificación de volumen .....	4.68
4.1.2 Fauna .....	4.94
4.1.2.1 Aves.....	4.96
4.1.2.2 Mamíferos.....	4.120
4.1.2.3 Anfibios y reptiles.....	4.146
4.2 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS .....	4.168
Tabla 4.1 Número de transectos y parcelas establecidas .....	4.14



Tabla 4.2. Número de familias, géneros y especies encontradas en las coberturas muestreadas.....	4.16
<b>Tabla 4.3. Especies florísticas identificadas en el área de estudio.....</b>	<b>4.17</b>
Tabla 4.4. Especies vegetales usadas por las comunidades locales. ....	4.24
Tabla 4.5. Principales variables dendrométricas en las coberturas estudiadas. ....	4.25
<b>Tabla 4.6. Número de registros de altura en las diferentes coberturas y su rango de medición.....</b>	<b>4.28</b>
Tabla 4.7. Modelos generales evaluados.....	4.30
Tabla 4.8. Modelos con mejor ajuste para cada cobertura en cada zona de vida. Variable dependiente: altura total (Ht). (d: diámetro a 1,3 m de altura; g: área basal).....	4.31
Tabla 4.9. Modelos con mejor ajuste para cada cobertura en cada zona de vida. Variable dependiente: altura comercial (Hc) (d: diámetro a 1,3 m de altura; g: área basal) .....	4.31
<b>Tabla 4.10. Especies de cada grupo y número de individuos por especie.....</b>	<b>4.32</b>
Tabla 4.11. Modelos con mejor ajuste para cada grupo de especies considerando la altura total (Ht) como la variable dependiente. (d, diámetro a 1,3 m de altura y g, área basal).....	4.34
Tabla 4.12. Modelos con mejor ajuste para cada grupo de especies considerando la altura comercial (Hc) como la variable dependiente. (d, diámetro a 1,3 m de altura y g, área basal).....	4.35
Tabla 4.13 Distribución del porcentaje de especies con regeneración natural en las zonas de vida muestreadas. ....	4.44
Tabla 4.14. Caracterización de la riqueza y diversidad de especies de árboles con $DAP \geq 10$ cm. ....	4.45
Tabla 4.15 Características de los modelos ensayados en las dos coberturas de bosque húmedo tropical. ....	4.48
<b>Tabla 4.16. Ecuaciones de biomasa para bosque primario de la cuenca media del Río Porce por rango de diámetro (Modelo 2).....</b>	<b>4.49</b>
Tabla 4.17 Biomasa estimada por parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el bosque secundario (Bh-T).....	4.49
Tabla 4.18 Resultado del análisis de grupos tipo Ward's, integrantes y porcentajes asignados .....	4.52
Tabla 4.19 Biomasa promedio por grupo, ponderada y total, para el bosque secundario (Bh-T). ....	4.52
Tabla 4.20 Sumatoria del error medio cuadrático y Biomasa estimada con cada modelo con el valor aleatorio y con el diámetro cuadrático.....	4.53
Tabla 4.21 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bh-T). ....	4.53



Tabla 4.22 Resultado del análisis de grupos tipo Ward's, integrantes y porcentajes asignados .....	4.55
Tabla 4.23 Biomasa promedio por grupo, ponderada y total en la cobertura de rastrojo alto (Bh-T).....	4.55
Tabla 4.24 Sumatoria del error medio cuadrático y Biomasa estimada con cada modelo con el valor aleatorio y con el diámetro cuadrático.....	4.55
<b>Tabla 4.25 Ecuación de biomasa para bosque seco en bosque de la India (Modelo 1).</b> .....	4.56
Tabla 4.26 Modelos para la estimación de biomasa en el bosque seco tropical .....	4.56
<b>Tabla 4.27 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el bosque secundario (Bs-T) .....</b>	<b>4.57</b>
Tabla 4.28 Resultado del análisis de grupos tipo Ward's, integrantes y porcentajes asignados 4.60	
Tabla 4.29 Biomasa promedio por grupo, ponderada y total en la cobertura de bosque secundario (Bs-T). .....	4.60
Tabla 4.30 Sumatoria del error medio cuadrático, biomasa por el valor aleatorio y por el diámetro medio cuadrático.....	4.61
Tabla 4.31 Biomasa estimada en cada parcela (t/ha) con cada uno de los modelos ensayados en el rastrojo alto (Bs-T). .....	4.61
Tabla 4.32 Resultado del análisis de grupos tipo Ward's, integrantes y porcentajes asignados .....	4.66
Tabla 4.33 Biomasa promedio por grupo, ponderada y total en la cobertura de rastrojo alto (Bs-T).....	4.66
Tabla 4.34 Sumatoria del error medio cuadrático, biomasa por el valor aleatorio y por el diámetro medio cuadrático.....	4.66
Tabla 4.35 Valores de biomasa total para las coberturas de bosque secundario y rastrojo alto en las dos zonas de vida (Bh-T y Bs-T).....	4.67
Tabla 4.36. Estimativos de biomasa subterránea para la zona de embalse (Bsec: bosque secundario y Ra: rastrojo alto) .....	4.68
Tabla 4.37. Estadígrafos obtenidos para volumen total (VT) y volumen comercial (VC) en las coberturas de bosque secundario y rastrojo alto del bh-T. ....	4.70
Tabla 4.38. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque húmedo tropical.....	4.71
<b>Tabla 4.39. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque húmedo tropical. ....</b>	<b>4.74</b>



Tabla 4.40. Estadígrafos obtenidos para volumen total (VT) y volumen comercial (VC) en las coberturas de bosque secundario y rastrojo alto del bosque seco tropical. ....	4.75
Tabla 4.41. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el bosque secundario del bosque seco tropical. ....	4.76
<b>Tabla 4.42. Estimaciones por parcela y por hectárea del número de individuos (N), volumen comercial (VC), volumen total (VT) y área basal (G) para el rastrojo alto del bosque seco tropical. ....</b>	<b>4.80</b>
Tabla 4.43. Volúmenes comercial y total por especie para el bosque secundario en el Bh-T. ....	4.85
<b>Tabla 4.44. Volúmenes comercial y total por especie para rastrojo alto en el Bh-T. ....</b>	<b>4.88</b>
Tabla 4.45. Volúmenes comercial y total por especie para el bosque secundario en el Bs-T. ....	4.90
Tabla 4.46. Volúmenes comercial y total por especie para rastrojo alto en el Bs-T.....	4.92
Tabla 4.47. Tabla de indicadores de parche según el Análisis de paisaje.....	4.94
<b>Tabla 4.48. Sitios de muestreo en el área de estudio.....</b>	<b>4.98</b>
Tabla 4.49. Aves registradas en la zona del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. ....	4.101
Tabla 4.50. Abundancia de especies en la zona de vida bosque húmedo tropical.....	4.107
<b>Tabla 4.51. Abundancia de especies en la zona de vida bosque seco tropical</b> 4.109	
Tabla 4.52. Diversidad $\alpha$ para las dos zonas de vida. ....	4.114
Tabla 4.53. Distribución de familias por gremio trófico.....	4.116
Tabla 4.54. Especies de aves registradas en el área de estudio y clasificadas como en alguna categoría de riesgo. Fuente: Libro rojo de Aves de Colombia (2002) .....	4.117
Tabla 4.55. Resumen especies reportadas en el anterior y el presente estudio.....	4.118
Tabla 4.56. Hábitats y sitios de muestreo de mamíferos en el área de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. 2006. ....	4.123
Tabla 4.57. Hábitats y sitios de muestreo de mamíferos en el área de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. 2006. ....	4.124
Tabla 4.58. Determinación taxonómica, nombre local, estatus y dieta de los mamíferos registrados en la zona de influencia del Proyecto.2006. ....	4.125
Tabla 4.59. Número de individuos y de especies de mamíferos registrados por zona de vida.....	4.132



Tabla 4.60. Especies, indicios, hábitats y abundancia relativa de los mamíferos. 2006. ....	4.133
Tabla 4.61. Esfuerzo y éxito de captura de pequeños mamíferos no voladores.....	4.140
<b>Tabla 4.62. Esfuerzo y éxito de captura para los mamíferos voladores en la zona de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. 2006. ....</b>	<b>4.141</b>
Tabla 4.63. Indicadores ecológicos.....	4.142
Tabla 4.64 Distribución de las especies por estatus de conservación.....	4.144
Tabla 4.65. Atributos ecológicos de las especies de anfibios encontrados en el estudio .....	4.149
Tabla 4.66. Listado de especies de reptiles hallados en la zona de estudio.....	4.158
Tabla 4.67. Especies con algún grado de amenaza.....	4.165
Tabla 4.68. Diversidad $\alpha$ para los dos tipos de zonas de vida.....	4.165
Tabla 4.69. Especies de anfibios registradas en el anterior y en el presente estudio..	4.166
Tabla 4.70. Especies de reptiles registrados en el anterior y en el presente estudio...	4.167
Figura 4.1. Familias más representativas en el bosque húmedo tropical. ....	4.15
Figura 4.2. Familias más representativas en el bosque seco tropical.....	4.15
Figura 4.3. Estructura diamétrica de coberturas en Bosque húmedo tropical.....	4.26
Figura 4.4. Estructura diamétrica de coberturas en Bosque seco tropical .....	4.26
<b>Figura 4.5. Estructura de área basal de coberturas en Bosque húmedo tropical. ...</b>	<b>4.27</b>
Figura 4.6. Estructura de área basal de coberturas en Bosque seco tropical. ....	4.27
Figura 4.7. Estructura de alturas de coberturas en Bosque húmedo tropical .....	4.29
Figura 4.8. Estructura de alturas de coberturas en Bosque seco tropical.....	4.29
Figura 4.9: Distribución del IVI para las especies del Rastrojo Bajo en bh-T.....	4.36
Figura 4.10 Distribución del IVI para las especies del estrato arbustivo del Rastrojo alto en el bosque húmedo tropical.....	4.37
Figura 4.11. Distribución del IVI para las especies del estrato arbóreo del Rastrojo alto en el bosque húmedo tropical .....	4.38
Figura 4.12. Distribución del IVI para las especies del estrato arbustivo del bosque secundario en el bosque húmedo tropical.....	4.38
Figura 4.13 Distribución del IVI para las especies del estrato arbóreo del bosque secundario en el bosque húmedo tropical.....	4.39

Figura 4.14. Distribución del IVI para las especies del Rastrojo Bajo en el Bosque seco tropical.....	4.40
Figura 4.15 Distribución del IVI para las especies del estrato arbustivo del Rastrojo alto en el Bosque seco tropical.....	4.40
Figura 4.16 Distribución del IVI para las especies del estrato arbóreo del Rastrojo alto en el bosque seco tropical .....	4.41
Figura 4.17. Distribución del IVI para las especies del estrato arbustivo del bosque secundario en el Bosque seco tropical.....	4.42
Figura 4.18. Distribución del IVI para las especies del estrato arbóreo del bosque secundario en el Bosque seco tropical.....	4.43
Figura 4.19 Dendrograma método Ward` s distancia cuadrado euclidiano. ....	4.52
Figura 4.20 Dendrograma del análisis de grupos tipo Ward` s.....	4.54
Figura 4.21 Dendrograma del Análisis de grupos por el método Ward` s, distancia cuadrado euclidiano.....	4.60
Figura 4.22 Dendrograma del Análisis de grupos por el método Ward` s, distancia cuadrado euclidiano.....	4.65
Figura 4.23. Curva de acumulación de especies en el bosque húmedo tropical .....	4.105
Figura 4.24. Curva de acumulación de especies en el bosque seco tropical.....	4.105
Figura 4.25. Curva de acumulación de especies en las zonas de vida de Bosque Húmedo Tropical y Bosque seco tropical. ....	4.106
Figura 4.26. Abundancia relativa de las especies comunes presentes en las dos zona de vida.....	4.112
Figura 4.27. Abundancia relativa (%AR) de las especies de mamíferos registrados en la zona de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. 2006. ....	4.137
Figura 4.28. Abundancia relativa (%HR) de algunas especies de mamíferos. ....	4.138
Figura 4.29. Estructura trófica basada en las especies de mamíferos en el bosque húmedo tropical (bh-T).....	4.143
Figura 4.30. Estructura trófica basada en las especies de mamíferos registrados en el bosque seco tropical.....	4.143
Figura 4.31. Estructura trófica basada en las especies de mamíferos en el área de estudio.....	4.144
Figura 4.32 Comportamiento de la curva de acumulación de especies en el bosque húmedo tropical (bh-T).....	4.145
Figura 4.33 Comportamiento de la curva de acumulación de especies en el bosque húmedo tropical (bh-T).....	4.146



Figura 4.34. Porcentajes de los grupos de anfibios y reptiles en el área de estudio.....	4.148
Figura 4.35. Riqueza de especies por familia durante toda la fase de campo.....	4.149
Figura 4.36. Curva de acumulación de especies en la zona de vida de bh-T durante todo el estudio. 4.151	
Figura 4.37. Curva de acumulación de especies en la zona de vida del bs-T durante todo el estudio. 4.152	
Figura 4.38. Curva de acumulación de especies en las dos zonas .....	4.152
Figura 4.39. Abundancia Relativa de las especies de la zona de vida del bh-T. ....	4.153
Figura 4.40. Abundancia Relativa de las especies encontradas en bs-T. ....	4.155
Figura 4.41. Abundancia relativa de las especies comunes a las dos zonas de vida. ...	4.156
Figura 4.42. Riqueza de especies por familia durante toda la fase de campo.....	4.159
Figura 4.43. Curva de acumulación de especies en bh-T durante todo el estudio .....	4.159
Figura 4.44. Curva de acumulación de especies en bs-T durante todo el estudio.....	4.160
Figura 4.45. Curva de acumulación de especies de reptiles en las dos zonas de vida.	4.161
Figura 4.46. Abundancia Relativa de las especies encontradas en bh-T .....	4.161
Figura 4.47. Abundancia Relativa de las especies encontradas en bs-T .....	4.162
Figura 4.48. Abundancia relativa de las especies comunes encontradas en las dos zonas de vida.....	4.163
Figura 4.49. Gremios tróficos de los reptiles encontrados en las dos zonas de vida....	4.164