

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TÍTULO A OBTENER:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

---

BIOMASA AÉREA DE FAMILIAS BOTÁNICAS DEL BOSQUE  
SIEMPREVERDE PIEMONTANO DE LA MICROCUENCA RÍO PUYO  
COMO CONTRIBUCIÓN A LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

---

**AUTOR:**

Bryan Joel Garófalo Vega

**DIRECTORES DEL PROYECTO:**

PhD. Yudel García Quintana

PhD. Yasiel Arteaga Crespo

Puyo-Ecuador

**2018**

## **AGRADECIMIENTO**

El camino para recibir lo que queremos es ser agradecidos por lo que si tenemos...Agradezco infinitamente a la virgen de Guadalupe por darme la salud y fortaleza para poder culminar con éxito mis metas propuestas desde que inicie este proceso de formación académica.

A mis padres por el apoyo incondicional que supieron brindarme en el transcurso de instancia fuera de mi hogar y por sus valores inculcados que me sirvieron como pilares fundamentales para ser una persona íntegra, mismo que serán puestos en práctica en mi vida profesional.

A la Universidad Estatal Amazónica por permitirme ser parte de su prestigiosa escuela de Ingeniería Ambiental.

A los docentes que en el trascurso de mi formación académica que supieron transmitirme sus conocimientos y experiencias.

A mis tutores de proyecto Dr. Yudel García Quintana y Dr. Yasiel Arteaga Crespo, por su valiosa orientación en la redacción del presente proyecto de investigación.

A todos mis amigos y compañeros que nos ayudamos de manera mutua y desinteresada durante todo el transcurso de nuestra formación académica, con los cuales mantengo una valiosa amistad.

De manera especial agradezco a mi amiga incondicional Doris Estefanía Jiménez quien me brindó su apoyo y supo direccionar mis decisiones en momentos cruciales, te doy gracias por cada uno de esos detalles que me has ofrecido en el transcurso de nuestra amistad.

**Bryan Garófalo**

## **DEDICATORIA**

Durante el trayecto de mi proceso de formación académica en la Universidad Estatal Amazónica se me presentaron muchas dificultades, las cuales pude superar gracias al apoyo de personas que de alguna u otra manera me ayudaron a culminar con éxito esta etapa de mi vida profesional, para los cuales dedico de manera recíproca esa confianza depositada en mí.

A mi padre Guido Garófalo por sus consejos y valores los cuales he sabido aprovechar al máximo con el compromiso moral de no defraudarme en lo que a mí respecta y hacerle sentir orgulloso en cada oportunidad que se me presente.

A mí querida madre Jaqueline Vega por haberme dado la vida y ser ese semblante de perseverancia que me supo demostrar durante todos los momentos que me vio crecer junto a ella.

A mi hermano menor Ronnie Garófalo, el cual espero alcance todas sus metas propuestas haciéndole saber que puede contar conmigo en cualquier situación que se le presente, y espero muy humildemente tome mi ejemplo de perseverancia y demostrar a la sociedad que todo es posible y ser una persona de bien.

A toda mi familia y en especial mis abuelitos los cuales siempre me apoyaron con sus consejos basados en infinita sabiduría y comprensión.

Dedico también este triunfo en mi vida a una personita especial que llegó a formar parte de mi ser como lo es mi hija Jenily Garófalo, la cual posiblemente en este momento no esté en la capacidad de comprender por cuestiones ajenas, lo que representa en mi vida. Espero llevarte presente en todos los proyectos que me plantee en un futuro velando siempre por tu bienestar.

Para terminar, quisiera dedicar de manera especial la ayuda de una persona que en su momento estuvo de manera incondicional apoyándome en mi vida inclusive en las situaciones más tormentosas, siempre ayudándome, siempre a mi lado, más sin embargo el destino le alejó de mí. Y le doy infinitas gracias por haberme acompañado en mi camino hasta donde nos fue posible, inclusive más que eso, para mí tú significaste más de lo que las palabras pudieron expresar... Querida Gema Ponce.

**Bryan Garófalo**

## **Resumen**

La investigación se realizó con el propósito de evaluar la biomasa aérea de familias botánicas representantes de un bosque siempreverde piemontano de la zona alta de la microcuenca del río Puyo como contribución a los servicios ecosistémicos. Se realizaron cinco transectos de 0,1 ha (10x100 m<sup>2</sup>) y se midieron todos los árboles con  $d_{1.3} \geq 10$  cm, determinando los aspectos como la composición, la estructura y estimaciones de biomasa a nivel de familias botánicas, además se realizó un análisis de correspondencia sin tendencia para comprobar las contribuciones de cada grupo familiar a la biomasa. Los resultados indicaron un total de 30 familias botánicas, 65 especies y 322 individuos, resultando un ecosistema con una alta riqueza de familias y alteraciones en la composición, siendo las familias más representativas Fabaceae, Euphorbiaceae y Lauraceae. Se obtuvo la formación dos conglomerados (T2, T4, T3 y T5) y (T1), lo que permitió clasificar la vegetación. La biomasa aérea osciló de 161,84 a 339,70 Mg ha<sup>-1</sup>, con mayor acumulación en los individuos de menor clase diamétrica, siendo los de mayor potencial para la captura de carbono. El índice de valor de importancia de biomasa fue un buen indicador para reconocer familias potenciales en la captura de carbono. El área basal resultó un buen predictor de la biomasa aérea, con ajustes superiores al 68%, lo que permitió considerar las familias más dominantes en las estimaciones de captura de carbono. El análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA) permitió la identificación de las familias botánicas que más contribuyeron a la reserva de carbono y a la vez que más aportan a los servicios ecosistémicos, siendo familias claves desde el punto de vista funcional.

**Palabras claves:** bosque siempreverde piemontano, familias botánicas, biomasa aérea, microcuenca.

## **Abstract**

The research was carried out with the purpose of evaluating the aerial biomass of botanical families representing a piedmont evergreen forest in the upper area of the Puyo river basin as a contribution to ecosystem services. Five transects of 0.1 ha (10x100 m<sup>2</sup>) were made and all trees were measured with  $d_{1.3} \geq 10$  cm, determining aspects of the composition, structure and biomass estimates at the level of botanical families, and an analysis of correspondence without tendency to check the contributions of each family group to the biomass. The results indicated a total of 30 botanical families, 65 species and 322 individuals, resulting in an ecosystem with a high wealth of families and alterations in composition, with the most representative families being Fabaceae, Euphorbiaceae and Lauraceae. The formation was obtained two conglomerates (T2, T4, T3 and T5) and (T1), which allowed to classify the vegetation. The aerial biomass ranged from 161.84 to 339.70 Mg ha<sup>-1</sup>, with greater accumulation in the individuals of lower diametric class, being those with the greatest potential for carbon capture. The biomass importance value index was a good indicator to recognize potential families in carbon capture. Basal area was a good predictor of aerial biomass, with adjustments above 68%, which allowed the most dominant families to be considered in the carbon capture estimates. Detrended Correspondence Analysis (DCA) allowed the identification of the botanical families that contributed the most to the carbon reserve and at the same time that give the most to the ecosystem services, being key families from the functional point of view.

**Keywords:** piedmont evergreen forest, botanical families, aerial biomass, micro watershed.

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. PROBLEMA</b> .....	2
<b>1.2. OBJETIVO GENERAL</b> .....	2
<b>1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	2
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	3
<b>2.1. Generalidades sobre los ecosistemas de bosques tropicales</b> .....	3
<b>2.1.1. Ecosistemas de bosques tropicales</b> .....	3
<b>2.1.2. Bosques tropicales de la región amazónica</b> .....	4
<b>2.1.3. Causas de la degradación de los bosques tropicales amazónicos</b> .....	4
<b>2.2. Importancia de la microcuena de la selva amazónica</b> .....	5
<b>2.3. Los servicios ecosistémicos</b> .....	6
<b>2.3.1. Importancia de los servicios ecosistémicos</b> .....	6
<b>2.3.2. Tipos de servicios ecosistémicos</b> .....	7
<b>2.4. La biomasa aérea y su contribución al ambiente</b> .....	8
<b>2.4.1. Aspectos conceptuales sobre biomasa aérea</b> .....	8
<b>2.4.2. Métodos para estimar la biomasa aérea</b> .....	9
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	13
<b>3.1. LOCALIZACIÓN</b> .....	13
<b>3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	14
<b>3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	15
<b>3.3.1. Descripción de los métodos de investigación</b> .....	15
<b>3.3.2. Aspectos metodológicos para el estudio de biomasa aérea del bosque siempreverde piemontano</b> .....	16
<b>3.3.2.1. Composición florística</b> .....	16
<b>3.3.2.2. Valor de importancia a nivel de familias</b> .....	17

<b>3.3.2.3. Biomasa aérea acumulada .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.2.4. Valor de importancia de biomasa a nivel de familias.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.2.5. Análisis para predicción de biomasa acumulada .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1. Composición de familias botánicas y valor de importancia ecológica.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2. Biomasa aérea acumulada de las familias botánicas.....</b>	<b>24</b>
<b>4.3. Relación de atributos ecológicos con la biomasa aérea.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO VI. ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas y características bioclimáticas del área de estudio. ....	14
Tabla 2. Ecuación alométrica utilizada para estimar la biomasa aérea .....	17
Tabla 3. Composición florística y variables estructurales por transectos.....	21
Tabla 4. Biomasa total acumulada por transectos .....	25
Tabla 5. Índice de valor de importancia de biomasa (BIV) para familias botánicas en cinco transectos. ....	28
Tabla 6. Análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA).....	31
Tabla 7. Resumen de las tres familias botánicas claves, su contribución a la biomasa aérea y servicios ecosistémicos.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio. ....	13
Figura 2. Modelo de transecto empleado para el estudio de campo. ....	16
Figura 3. Representación del número de especies por familias botánicas. ....	20
Figura 4. Dendrograma jerárquico según las medidas de Bray-Curtis para el agrupamiento de las unidades de muestreo de acuerdo a la abundancia de especies a nivel de familias. Fuente: Elaboración propia. ....	21
Figura 5. Dendrograma jerárquico según el método del vecino más cercano para el agrupamiento de las unidades de muestreo de acuerdo a las variables de estructura a nivel de familias botánicas. ....	22
Figura 6. Índice de valor de importancia ecológica familiar en cinco transectos de la zona alta de la microcuenca río Puyo. ....	24
Figura 7. Biomasa acumulada en los transectos por clases diamétricas. ....	26
Figura 8. Relación entre porcentaje de abundancia (a), área basal (b) con biomasa acumulada. ....	30
Figura 9. Ordenación espacial de los transectos y acumulación de biomasa por familias. Fuente: Elaboración propia. ....	32
Figura 10. Distribución del número de familias por transectos (Un aumento del tamaño de los círculos indica mayor cantidad de familias). ....	34

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad es cada vez más importante la búsqueda de alternativas que propicien un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la capacidad de autoregeneración de los ecosistemas tropicales, reconocidos por sus importantes funciones, sin embargo, la falta de mecanismos de control de los recursos naturales es motivo de preocupación a nivel global.

La cuenca del Amazonas, constituye un reservorio con gran diversidad ecológica, aglutina el 50% de los bosques existentes en el mundo y desempeña un papel estratégico en el secuestro de carbono. Dada su importancia cuantitativa y cualitativa, cualquier tipo de perturbaciones sobre el ecosistema genera daños ambientales e incide en el ciclo del carbono (Wang *et al.*, 2014). Los bosques húmedos tropicales tienen una elevada productividad de biomasa aérea y representan una fracción significativa de las existencias totales de reserva de carbono y nutrientes (Pan *et al.*, 2011) pero aún son insuficientes los estudios existentes sobre la producción de biomasa aérea (Chave *et al.*, 2005). La acumulación de biomasa neta es un objetivo clave de los ecosistemas que resulta del balance de masa entre las tasas de ganancia debida a la productividad y las pérdidas por respiración y mortalidad (Keeling & Phillips, 2007). El nivel de producción de biomasa aérea es desconocida en partes de las regiones tropicales, lo que limita la valoración y conservación de estos ecosistemas, debido a la escasez de estimaciones de biomasa en vivo y su variación a los diferentes ambientes. La estructura y biomasa del bosque tropical lluvioso varía con los factores ecológicos, encontrándose diferencias en la estructura a distancias cortas (Moser *et al.*, 2011).

Las estimaciones de biomasa de los bosques tropicales son un medio útil para evaluar las reservas de carbono y las emisiones a la atmósfera durante la deforestación y los cambios en la cobertura terrestre (Callo *et al.*, 2002). De ahí, que sea importante, comprender los procesos que determinan los patrones actuales de almacenamiento de carbono y la estructura para predecir la respuesta de estos bosques a las condiciones ambientales cambiantes que permita la selección de taxones para los programas de reforestación.

En este contexto, el trabajo de investigación se enmarca en un ecosistema del pie de monte amazónico perteneciente a la microcuenca del río Puyo, dentro del proyecto de Restauración forestal de la microcuenca del río Puyo como contribución a los servicios ecosistémicos, auspiciado por la Universidad Estatal Amazónica (UEA), The Nature Conservancy (TNC) y

el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza (GADPPz). La microcuenca, es importante por su alta biodiversidad, valores ecológicos, su vasto saber ancestral, así como los bienes y servicios que producen, sin embargo no se encuentra exenta al acelerado deterioro de las condiciones de vida de las nacionalidades indígenas y las actividades de sustento económico, dependientes de los recursos del bosque, los cambios de uso de suelos y la expansión de la frontera agrícola, lo que conduce a pérdidas de biodiversidad y por consiguiente a una disminución proporcional de la biomasa aérea y los servicios ecosistémicos, por lo que estudios de acumulación de biomasa tienen implicaciones importantes para comprender el ciclo de carbono y su papel en los cambios climáticos. Además, existe un limitado conocimiento de las familias botánicas que más contribuyen a las reservas de carbono en este importante reservorio y su relación con atributos ecológicos, lo cual limita su manejo en los programas de restauración para potenciar, sobre bases científicas, la toma de decisiones de familias y especies claves del bosque siempreverde piemontano que permitan mitigar el empobrecimiento de los ecosistemas amazónicos.

### **1.1. PROBLEMA**

¿Cuáles son las familias del bosque siempreverde piemontano que más aportan a la captura de carbono como contribución a los servicios ecosistémicos de la zona alta de la microcuenca del río Puyo?

### **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la biomasa aérea de las familias botánicas representantes de un bosque siempreverde piemontano de la zona alta de la microcuenca del río Puyo como contribución a los servicios ecosistémicos.

### **1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la composición de familias botánicas y su valor de importancia ecológica del bosque siempreverde piemontano de la zona alta de la microcuenca del río Puyo.
- Analizar el contenido de biomasa aérea de las familias botánicas del bosque siempreverde piemontano de la zona alta de la microcuenca del río Puyo.
- Determinar la relación de la biomasa con atributos ecológicos en aéreas del bosque siempreverde piemontano de la zona alta de la microcuenca del río Puyo.

## **CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. Generalidades sobre los ecosistemas de bosques tropicales**

#### **2.1.1. Ecosistemas de bosques tropicales**

Actualmente los bosques tropicales ocupan algo más de 1700 millones de ha, una superficie equivalente a todo el continente sudamericano. Un ecosistema de bosques tropicales es “aquellos bosques situados en la zona intertropical y que presentan consecuentemente un clima tropical y su vegetación predominante es de hoja ancha (Fraume, 2012). Su temperatura promedio anual es por lo general superior a los 24 °C y su humedad es muy variable” (Melito *et al.*, 2018; Sande *et al.*, 2017).

Estos constituyen el hogar del 30% de todas las especies de aves conocidas y el 90% de las especies de insectos que pueblan el globo terráqueo, los ecosistemas de bosques tropicales son mucho más que un grupo de árboles. Son un tipo de hábitat donde los elementos que intervienen en él, interaccionan constantemente influyendo unos en otros y moldeando las características propias de estos.

Las características más importantes de los ecosistemas de bosques tropicales son (Pérez, 2015; Pérez & Feeley, 2018).

- La mayoría de la superficie de los bosques húmedos tropicales está conformada por árboles. Los más comunes poseen un tamaño aproximado de 30 m, sin embargo, hay algunos que llegan a alcanzar los 50 m de altura.
- La temperatura promedio de los bosques húmedos tropicales oscila entre los 25°C y 27°C, pero en determinadas ocasiones puede aumentar hasta 35° C, siendo este el valor máximo que puede alcanzar la temperatura.
- En estos ecosistemas, el proceso de descomposición es rápido y continuo. La temperatura elevada y la humedad intrínseca al aire de estos lugares prolifera las bacterias y acelera el “reciclaje” de materia inorgánica a orgánica.
- Gracias a la proliferación de hongos, es posible la subsistencia de una gran cantidad de árboles. A pesar de poseer un suelo escaso de nutrientes, en los bosques húmedos tropicales crecen y se desarrollan una gran cantidad y variedad de árboles y plantas. Principalmente, esto se debe a la acción de hongos micorrizas.

### **2.1.2. Bosques tropicales de la región amazónica**

El bosque tropical amazónico es el más vasto de los bosques tropicales, cubriendo más de nueve países: Brasil (con 63% de este bosque), Perú (13%), Ecuador (38%), Colombia (47%), Venezuela (56%), Guyana Francesa (89%), Suriname (90%), Guyana (78%) y Bolivia (48%), así la define la Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada (RAISG).

Los bosques tropicales de la región amazónica especialmente del Ecuador son muy extensos, estos “bosques nativos permanentes cubren aproximadamente 9,5 millones de hectáreas, que proporcionan servicios ambientales y de ecosistemas constantemente” (Granda & Yánez, 2017).

Las características de un ecosistema tropical amazónico son las mismas en cualquier país, una de las principales es la alta abundancia de especies de flora y fauna. La vegetación de los bosques húmedos tropicales suele ser muy variada, e incluso pueden existir subdivisiones dependiendo de la altura que posean los árboles o plantas (Pérez, 2015; Pérez & Feeley, 2018).

De acuerdo al Consejo de Nacionalidades y Pueblos del Ecuador (CODENPE), existen en el país 14 nacionalidades. Entre los más conocidos están los Siona, Secoya, Cofan, Shuar, Zaparo, Huaorani, y Quichua. “Las tribus indígenas que habitan la selva ecuatoriana son las guardianas ancestrales de la herencia biológica de esta región mundial. Habiendo vivido ahí más de 10 000 años, conocen sus plantas, sus animales y sus secretos mejor que nadie” (ViajandoX, 2016).

La Amazonía ecuatoriana alberga exuberantes bosques húmedos tropicales, con una gran diversidad biológica y especies exclusivas de esta región. Debido a las condiciones especiales de clima, topografía y geología en esta zona se encuentran especies amazónicas, andinas y otras. Se considera que la Amazonía contiene la mayor riqueza florística que cualquier área de tamaño similar en el Neotrópico (Bravo, 2014).

### **2.1.3. Causas de la degradación de los bosques tropicales amazónicos**

A pesar de que los ecosistemas, así como los bosques tropicales, son el “pulmón del planeta” algunas personas no tienen consideración ni estiman el daño que hacen al planeta con la deforestación de estos bosques, especialmente en tierra amazónica, a pesar que se conoce que es un ecosistema muy frágil y con un delicado equilibrio (García *et al.*, 2018).

Según Bravo *et al.*, (2017) la región amazónica, la cual representa cerca el 50% del territorio ecuatoriano es una de las zonas con mayor biodiversidad, con una gran riqueza de recursos naturales y que forma parte del llamado “pulmón de la tierra, donde se cumple gran parte del ciclo del carbono, crucial para la ecología del planeta y el clima. La gran cantidad de recursos necesitan ser conservados y manejados con criterios de sustentabilidad, y donde se ha destacado que la expansión de la frontera agrícola con la consiguiente destrucción de sus bosques representa el mayor impacto socio-ambiental a la Amazonía.

Los bosques húmedos de la Amazonía constituyen un medio de sustento económico para las comunidades indígenas dependientes de una gran diversidad de productos maderables y no maderables del bosque, lo que implica que en algunos casos la extracción está ocasionada por las actividades de subsistencia, pero en ocasiones está ligada a intereses comerciales, donde los bosques están sometidos a altos niveles de intervención sin criterios silvícolas lo que provoca cambios y alteraciones en los parámetros estructurales (Sabogal *et al.*, 2013).

## **2.2. Importancia de la microcuenca de la selva amazónica**

Las microcuencas son de gran importancia en la selva ecuatoriana y en los ecosistemas tropicales amazónicos porque se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. La cuenca hidrográfica es de conocimiento público, es importante remarcar la necesidad de considerar la microcuenca bajo un enfoque social, económico y operativo, además del enfoque territorial e hidrológico tradicionalmente utilizado. De esta manera, la microcuenca se define como una pequeña unidad geográfica donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación (FAO, 2012).

En el ámbito lógico se necesita planificar el uso y manejo de los recursos naturales para que haya sostenibilidad en los diferentes aspectos de alimentos, recursos hídricos, suelo, etc.

“Aunque la microcuenca no sea un requisito para la organización, ella posibilita y facilita el establecimiento de un proceso productivo organizado, para generar una escala de producción que pueda acceder a mercados que exigen cantidad, calidad y continuidad, puesto que este tipo de organización depende de factores tales como: conservación, uso y manejo compartido del agua, relación de vecindad para el tratamiento de temas de transporte, mejoramiento de caminos, compra y venta, construcción y mantenimiento de infraestructura productiva compartida (represas, tanques, sistemas de distribución de agua, invernaderos para la producción de plantines, etc.), entre otros” (FAO, 2012).

Se pueden identificar cuatro grupos de criterios para las cuencas hidrográficas (FAO, 2012):

- **Estratégicos:** Son criterios que pueden establecerse en un nivel macro, en el marco de políticas nacionales, departamentales o municipales. Por ejemplo, suministro de agua potable a poblaciones, presencia de embalses, corredores biológicos o áreas protegidas, ubicación de la microcuenca en áreas con planes de desarrollo integral, etc.
- **Institucionales:** Son criterios relacionados al rol de las instituciones; por ejemplo, ubicación en las zonas de atención o cobertura de éstas, tipo de público que atiende, prioridad en aspectos ambientales.
- **Operativos:** Son criterios relacionados con aspectos de logística, tales como: distancia de las oficinas, tamaño de la microcuenca (área y población), posibilidades de coordinación con otras instituciones y actores, entre otros.
- **Técnicos agronómicos y ambientales:** Son criterios relacionados con los aspectos biofísicos (cabecera de subcuenca o cuenca, disponibilidad de agua, nivel de deterioro de los recursos naturales, riesgo para la población, etc.) y socioeconómicos (sistemas de producción dominantes, nivel de organización, motivación para el cambio, capacidad de inversión, relevancia del curso de agua como agua potable para la población, entre otros).

## **2.3. Los servicios ecosistémicos**

### **2.3.1. Importancia de los servicios ecosistémicos**

El reconocimiento del papel de los servicios que prestan los bosques para el progreso de la humanidad y la preocupación por el futuro de los ambientes tropicales han evolucionado notablemente en las últimas décadas. Existe la convicción de enfrentar el manejo de los ecosistemas como una oportunidad de generar riqueza y bienestar para la sociedad.

Los ecosistemas suministran a la Humanidad toda una serie de beneficios, conocidos como bienes y servicios ecosistémicos, que resultan vitales para el bienestar y el desarrollo económico y social tanto en el presente como el futuro. En definitiva, son servicios que la naturaleza provee a las personas y son los responsables de sustentar todas las actividades y la vida de los seres humanos (TEEB, 2005).

Según la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) los servicios ecosistémicos hacen posible la vida humana al proporcionar alimentos

nutritivos y agua potable; al regular las enfermedades y el clima; al apoyar la polinización de los cultivos y la formación de suelos, y al ofrecer beneficios recreativos, culturales y espirituales.

### **2.3.2. Tipos de servicios ecosistémicos**

**Paisajismo:** “La ecología del paisaje es, en términos generales, una disciplina científica orientada al estudio de los patrones y procesos básicos que se crean, inducen y transforman en los paisajes. Su orientación científica, nutrida de múltiples influencias, permite un conocimiento profundo y holístico de la estructura y dinámica de funcionamiento del paisaje a distintas escalas, lo que resulta de gran utilidad y aplicación directa en procesos de planificación y gestión del paisaje y el territorio, de protección de los recursos naturales, y de restauración de impactos en el medio ambiente” (Calvo, 2013).

**Biodiversidad:** “El término biodiversidad se refiere a la variedad de seres vivos sobre la tierra y los patrones naturales que la conforman, comprende también la ganma de ecosistemas, de especies y de sus poblaciones, así como las diferencias genéticas entre los individuos que la constituyen” (Jiménez *et al.*, 2013).

**Captura de Carbono:** “Con la captura y almacenamiento de carbono se pretende evitar que las emisiones del sector energético no se viertan a la atmósfera, capturando el CO<sub>2</sub> de las chimeneas de las centrales térmicas y enterrándolo en el subsuelo. Se trata de una tecnología muy nueva que genera gran incertidumbre y cuya viabilidad no está todavía acreditada pero que constituye la excusa perfecta para seguir justificando la construcción del peor enemigo del clima, las centrales térmicas” (Barnasar, 2009).

**Protección de Cuencas:** “Una cuenca hidrográfica, o simplemente cuenca, es el territorio donde toda el agua de lluvia y de la nieve se drena cuesta abajo hasta una sola masa de agua, por ejemplo, un arroyo, un río, lago o humedal” (Aguirre, 2011).

“Si se daña una cuenca se perjudica la salud de todos. Para comprender la importancia de las cuencas, se puede comparar los ríos y los arroyos en la tierra con las venas de los seres humanos, que llevan y mueven el agua a través de la tierra del mismo modo en que las venas conducen la sangre a través del cuerpo. Así como uno depende de la sangre para vivir, el medio ambiente depende del agua para mantenerse con vida” (Aguirre, 2011).

## **2.4. La biomasa aérea y su contribución al ambiente**

### **2.4.1. Aspectos conceptuales sobre biomasa aérea**

Los bosques y las selvas tienen la mayor diversidad de plantas y animales en el mundo y almacenan cantidades mayores de carbono que cualquier otro ecosistema terrestre. Sin embargo, están siendo degradados y convertidos a otros usos del suelo a tasas alarmantes. Se estima que la deforestación de los bosques y selvas tropicales representan entre un 15 y 25% de las emisiones globales de dióxido de carbono (Laurance *et al.*, 2004). Más aún, la deforestación de los bosques destruye almacenes de carbono que pueden ser liberados a la atmósfera y que son críticos para la futura estabilización del clima (Greenman *et al.*, 2007).

La respuesta de los ecosistemas forestales tropicales a los cambios ambientales naturales o antropogénicos es un tema central en la ecología. Los inventarios forestales a largo plazo son los más útiles para evaluar la magnitud de los flujos de carbono entre los ecosistemas forestales superficiales y la atmósfera (Grace, 2004).

Los estudios de estimación de biomasa tienen como finalidad entender los ciclos de energía y de nutrientes, así como observar el efecto de la vegetación en el ciclo global del CO<sub>2</sub> (Brown, 1997). El manejo actual de los bosques naturales y de las plantaciones forestales requiere de ecuaciones de predicción del peso de los diferentes componentes de los árboles para aplicarse a inventarios de biomasa; estas ecuaciones permiten estimar con suficiente precisión el peso de las especies forestales, en función de un número reducido de variables fáciles de medir, obtenidas de los árboles en pie (Acosta *et al.*, 2002; Návar *et al.*, 2004).

El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es una preocupación mundial. En los últimos 200 años el incremento fue de 280 a 350 ppm de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y el aumento sigue con una tasa promedio un poco superior a 1 ppm al año (Deans *et al.*, 1996). Las plantas utilizan CO<sub>2</sub> y liberan O<sub>2</sub> durante el proceso de la fotosíntesis; a diferencia de las especies anuales, los árboles almacenan los fotoasimilados en componentes de carbono en sus estructuras leñosas por periodos prolongados, por lo que se les debe considerar como reservas naturales de carbono. La capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de población de cada estrato por comunidad vegetal (Schulze *et al.*, 2000). La determinación de esta capacidad constituye un reto cuando se trata de evaluar el potencial de sistemas forestales, naturales, alterados o inducidos por el hombre.

Las relaciones entre las dimensiones del fuste y la cantidad de biomasa se han empleado para estimar la biomasa de los componentes de un árbol (Bartelink, 1996), el carbono presente en diferentes tipos de vegetación (Brown, 1997; De Jong *et al.*, 1995) y la distribución de biomasa en los árboles (Landsberg & Gower, 1997). Además, constituyen una herramienta importante para construir modelos mecanicistas de crecimiento forestal (Causton, 1985) que han resultado útiles para predecir la captura de carbono por los árboles.

La acumulación de carbono es influenciada principalmente por factores físicos, edáficos y por patrones de disturbio que afectan la estructura comunitaria y las reservas de biomasa y carbono en los bosques tropicales. La variación de la estructura y de los patrones de distribución de biomasa en los bosques tropicales se asocian principalmente con gradientes latitudinales y altitudinales que se relacionan con las diferencias climáticas, con las características físicas y químicas de los suelos, las condiciones topográficas y con las condiciones de humedad del suelo (Alves *et al.*, 2010; Laumonier, 2010; Wittmann *et al.*, 2008). Los procesos de disturbio también se consideran como condicionantes en esta variación (Wittmann *et al.*, 2008). La combinación de estos factores influye en la conformación de unidades ecológicas con características propias (Tigges *et al.*, 2017).

#### **2.4.2. Métodos para estimar la biomasa aérea**

El cálculo de biomasa resulta el primer paso para evaluar la productividad de los ecosistemas, y la contribución de los bosques tropicales en el ciclo global, la biomasa es un parámetro que caracteriza la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo (Moser *et al.*, 2011).

La medición de la cantidad de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere un análisis destructivo directo o estimaciones indirectas del material vegetal para hacer las inferencias respectivas; el segundo caso es más práctico cuando se desea estimar la biomasa aérea de los árboles. Para ello, se debe contar con funciones que estimen la biomasa total con base en el tamaño y dimensiones de los árboles; es decir, funciones matemáticas basadas en las relaciones alométricas que ocurren entre los órganos de un individuo (Acosta *et al.*, 2002).

Los modelos obtenidos se utilizan para estimar la biomasa del árbol, en un área conocida. El método de regresión es la mejor aproximación, se usa en la mayoría de investigaciones de cuantificación de biomasa de los bosques tropicales. Para este fin, uno de los modelos más

utilizados es el modelo alométrico, el cual relaciona la masa seca del árbol con una variable de fácil medición (Soriano-Luna *et al.*, 2015).

Existen tres métodos comúnmente usados para estimar volumen, biomasa y carbono en ecosistemas forestales: el método tradicional, el método directo y el indirecto.

**Método tradicional:** Es basado en los datos de volumen comercial a partir de información básica de inventarios, densidad de la madera y factor de expansión de la biomasa (FEB).

Que puede aplicarse en bosques densos, secundarios o maduros (correspondientes a climas húmedos y semiáridos). La biomasa se estima a través de la siguiente ecuación (Lerma & Orjuela, 2014).

$$BA = VC * D * FEB$$

Donde:

**BA:** Biomasa aérea (t/ha)

**VC:** Volumen comercial (m<sup>3</sup>)

**D:** Densidad de la madera (t/ m<sup>3</sup>)

**FEB:** Factor de expansión de la biomasa

**Método indirecto:** “Es utilizado cuando existen árboles de grandes dimensiones y en casos en los que se requiere conocer el carbono de un bosque sin necesidad de derribar los árboles” (Ruiz, 2014). Es decir, en este método se cubica y estima el volumen de los arboles con fórmulas dendrométricas; el volumen total de las ramas gruesas se obtiene con la suma de estos volúmenes parciales.

Dentro de este “método se utilizan métodos de cubicación del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de esta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad o densidad específica” (Ruiz, 2014). Como se expresa en la siguiente expresión:

$$D_{\text{madera}} = \frac{MS_m}{V_m}$$

Donde  $D_{\text{madera}}$  = densidad básica-específica de la madera (g cm<sup>-3</sup>),  $MS_m$  = masa seca de la submuestra de la madera (g),  $V_m$  = volumen fresco (verde) de las submuestras (cm<sup>3</sup>) (Ruiz, 2014).

**Método directo (pesando y obteniendo submuestras):** Es denominado también método destructivo y consiste en medir los parámetros básicos de un árbol. En otras palabras, para (Ruiz, 2014). Consiste en la extracción física de los árboles proporcional a la frecuencia relativa de la población, se realiza la disección de éstos en cada uno de sus componentes a evaluar: tronco, ramas, hojas y raíces. Se determina de forma directa la biomasa de cada componente del árbol, de este último se deben tomar submuestras, las cuales deben ser llevadas a laboratorio para obtener el peso seco e inferir el peso de cada componente mediante factores de conversión de biomasa (FCB), dado que en campo se obtuvo el peso fresco.

En este método es manipulado para el establecimiento de ecuaciones alométricas y factores de expansión de biomasa y carbono.

**Estimación por ecuaciones alométricas:** La alometría estudia la relación de crecimiento de una parte orgánica o un órgano en si de un individuo o de diferentes especies, así como los patrones de crecimiento de los seres vivos y las proporciones de sus partes en relación a las dimensiones totales (Ruiz, 2014).

Entonces, una ecuación alométrica de biomasa es una herramienta matemática que permite conocer de forma simple la cantidad de biomasa de un árbol por medio de la medición de otras variables de fácil obtención.

Para realizar las ecuaciones alométricas se necesita de “un muestreo destructivo de n número de árboles para relacionar alguna de las variables, tales como diámetro normal, altura comercial y total, el crecimiento diamétrico, el área basal y la densidad específica de la madera (Ruiz, 2014).

Las ecuaciones de biomasa mejoran su predicción cuando se consideran al mismo tiempo las variables diámetro y altura, pero la medición de ésta última no se realiza en la práctica, debido a que toma mucho tiempo y en algunos bosques con coberturas cerradas no es fácil identificar la punta del árbol, sobre todo cuando las mediciones se hacen en forma indirecta se obtiene por la expresión:

$$B=VC \times D \times FE$$

Dónde: B = biomasa seca (t ha<sup>-1</sup>) VC = volumen comercial (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), D = promedio de densidad de la madera ponderado en base al volumen verde y peso seco (t m<sup>-3</sup>), FEB = factor

de expansión de biomasa (relación entre la biomasa sobre el suelo secada en horno de los árboles y el volumen comercial de la biomasa secada en horno), sin dimensión (Ruiz, 2014).

Otra forma de conceptualizar la fórmula de la ecuación alométrica de lo que es la biomasa aérea sería, según Gasparri & Manghi (2014): La biomasa aérea (por encima del suelo) se obtiene multiplicando la biomasa del fuste por un factor de expansión. Este factor de expansión (FE) es una constante igual a 1.74 si la biomasa de fuste (BFuste) es mayor a 190 tn/ha; y si es menor a 190 tn/ha el factor de expansión se calcula con la siguiente fórmula:

$$FE = \text{Exp} (3.213 - 0.506 * \ln (BFuste))$$

Esta fórmula fue ajustada en base a datos de bosques tropicales con un  $n = 56$  arrojando un  $r = 0.76$ ; y determina que cuanto menor es la biomasa de fustes mayor es el factor de expansión, por lo cual adquieren mayor participación los otros compartimentos de la biomasa aérea como son ramas y hojas (Gasparri & Manghi, 2014).

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en un bosque siempreverde piemontano correspondiente a la zona alta de la microcuenca del río Puyo, ubicada dentro de la demarcación hidrográfica del río Pastaza donde se encuentra la captación de agua de la Estación Biológica Pindo Mirador, en áreas de las estribaciones de la colonia 24 de mayo de la parroquia Mera, dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Llanganates (Figura 1). En base a los límites políticos-administrativos el territorio hídrico de la microcuenca se localiza en diez parroquias, de las cuales dos son urbanas y ocho rurales, cubriendo una longitud total de 44 km<sup>2</sup>. En la microcuenca del Río Puyo se encuentran asentados los dos centros más poblados de la provincia de Pastaza, Puyo y Shell con una población total de 45.000 habitantes (INEC, 2010).

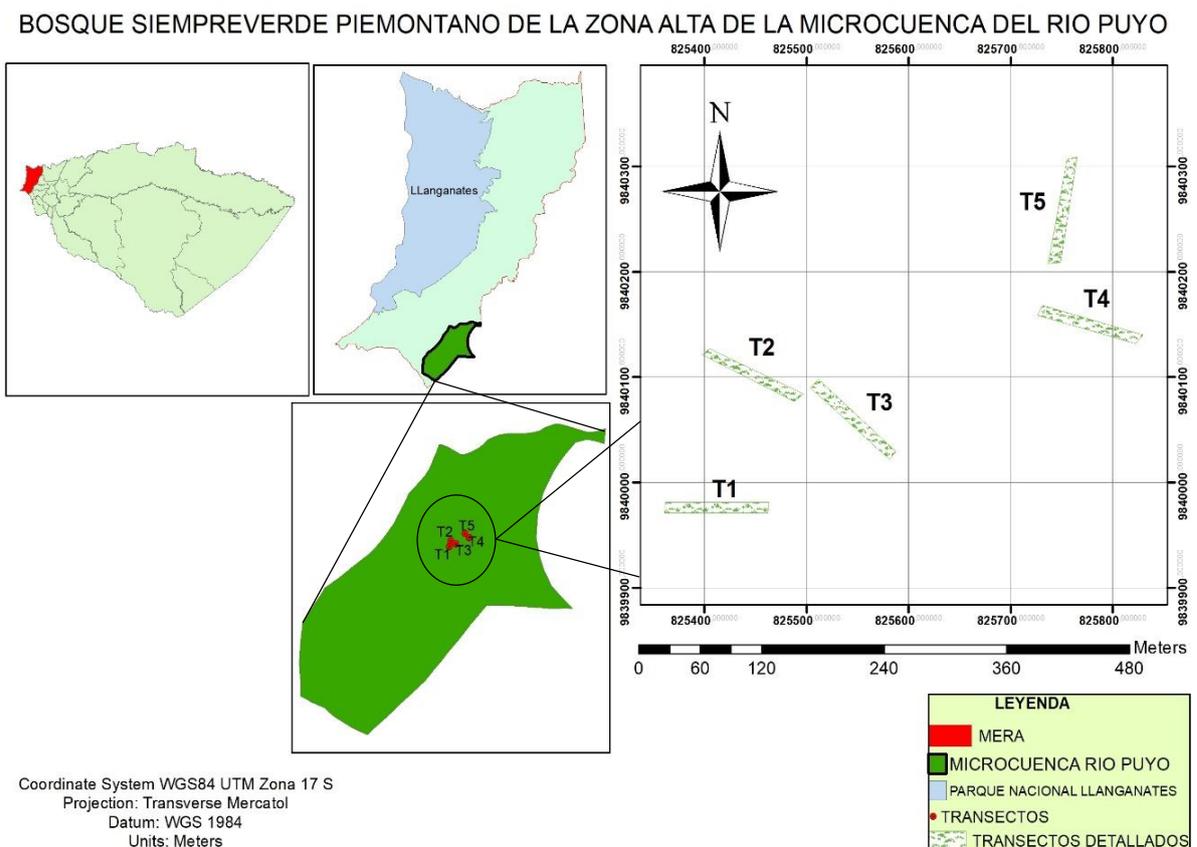


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

El área de estudio se instaló en cinco transectos de 0,1 ha. Las coordenadas geográficas y características bioclimáticas están determinadas por un clima tropical húmedo e hyperhúmedo según reportes de INAMHI (2014) (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas geográficas y características bioclimáticas del área de estudio.

Transectos (códigos)	Coordenadas geográficas		Altitud (msnm)	Temperatura promedio (°C)	Precipitación promedio (mm)	Humedad relativa promedio (%)
	X	Y				
T1	825462	9839971	1122,4	25,9	3395	77
T2	825488	9840077	1221,3	23,9	3219	79
T3	825581	9840022	1234,8	22,3	3129	81
T4	825822	9830132	1272,6	21,3	4119	84
T5	825749	9840209	1292,5	19,7	4027	87

### 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se caracterizó por una investigación de tipo descriptiva ya que se recopiló información cuantitativa sobre la biomasa aérea de las familias botánicas que componen el bosque siempreverde piemontano. Esto permitió describir la composición florística, valor de importancia ecológica a nivel familiar, variables asociadas a la estructura y biomasa aérea.

Los objetivos propuestos facilitaron la obtención, a partir de fuentes primarias, de datos que describieron el comportamiento de las siguientes variables:

Dentro de la composición de familias botánicas y valor de importancia ecológica se describió:

- Número de familias botánicas
- Número de individuos por familias botánicas
- Número de especies por familias botánicas
- Abundancia relativa por familia
- Dominancia relativa por familia
- Frecuencia relativa por familia
- Índice de valor de importancia ecológica familiar

Para analizar el contenido de biomasa aérea de las familias botánicas, se describió:

- Área basal
- Densidad de cada especie
- Biomasa total acumulada
- Clases diamétricas
- Índice de valor de importancia de biomasa

Para determinar la relación de atributos ecológicos con la biomasa aérea se tuvo en cuenta:

- Porcentaje de Biomasa
- Porcentaje de abundancia
- Porcentaje de área basal

### **3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1. Descripción de los métodos de investigación**

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se emplearon los métodos de observación y de trabajo de campo.

**Método de observación:** Se empleó el método de observación ya que se hicieron recorridos en cada uno de los transectos de estudio para observar el estado de la vegetación, lo cual permitió fundamentar desde el punto de vista teórico las familias botánicas que más contribuyeron a la biomasa aérea del bosque siempreverde piemontano.

**Trabajo de campo:** Se realizó un inventario florístico, a nivel de familias botánicas, a todos los individuos con  $d_{1.3} \geq 10$  cm, lo cual fue posible a partir de su identificación botánica preliminar en el campo, con el apoyo del señor Gabriel Grefa, experto botánico de flora amazónica y se comparó con el Libro de Árboles de Ecuador (Palacios, 2017), reconocido como una de las obras más completas que sirve de guía dendrológica para los taxones arbóreos del país. El trabajo de campo se desarrolló mediante muestreo sistemático, a partir de la instalación de cinco transectos permanentes con un tamaño de 0,1 ha (10 x 100 m), separados en intervalos de 100 m lineales, a partir de la metodología de la FAO (2004). Para la instalación de los transectos se estableció inicialmente el eje central y se tomaron cinco metros a cada lado, donde se ubicaron y registraron las especies con  $d_{1.3} \geq 10$  cm, medido del suelo, registrándose los siguientes datos: género, familia,  $d_{1.3}$  (Figura 2).

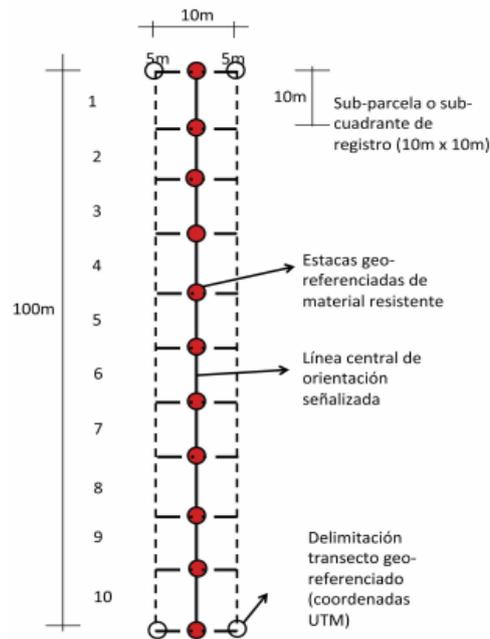


Figura 2. Modelo de transecto empleado para el estudio de campo.

Fuente: FAO (2004).

### 3.3.2. Aspectos metodológicos para el estudio de biomasa aérea del bosque siempreverde piemontano

#### 3.3.2.1. Composición florística

La composición florística del bosque siempreverde piemontano de la zona alta de la microcuenca del río Puyo se obtuvo a partir del inventario de todas familias botánicas distribuidas en cada transecto. Con los datos obtenidos de la composición a nivel de familias por transectos se realizó un dendrograma jerárquico, a partir de las medidas de Bray-Curtis, con un 60% de similitud, lo cual permitió el agrupamiento de las unidades de muestreo de acuerdo a la abundancia de individuos por familias, procesado con el programa Biodiversity Professional. A partir de la información obtenida se decidió realizar otro dendrograma, de acuerdo al método del vecino más cercano, donde además de incorporar las variables de composición florística (número de especies, individuos, familias) se adicionaron los parámetros asociadas a la estructura (área basal promedio y  $d_{1.3}$  promedio). Para validar la formación de los grupos de conglomerados en función de la composición y estructura se realizó un ANOVA con un 95 % de confiabilidad, lo cual fue posible con el programa estadístico SPSS ver. 22.0.

### 3.3.2.2. Valor de importancia a nivel de familias

El índice de valor de importancia a nivel de familias (IVIF) corresponde con la suma de la diversidad relativa (entendida como riqueza), la densidad relativa y la dominancia relativa de todos los individuos de una familia en una muestra para posicionar la importancia de las familias de árboles (Moreno, 2001 & Lozada, 2010). Se calculó la abundancia relativa (ARf), frecuencia relativa (FRf) y dominancia relativa (DRf) y con esta información se determinó el índice de valor de importancia ecológica a nivel de familias botánicas.

$$IVIF = ARf + DRf + FRf$$

### 3.3.2.3. Biomasa aérea acumulada

Se estimó la biomasa aérea a partir de la ecuación alométrica (Chave *et al.*, 2005), Tabla 2:

Tabla 2. Ecuación alométrica utilizada para estimar la biomasa aérea

Grupo de plantas	Ecuación alométrica	Fuente
Madera	$AGB = \rho \times \exp(-1.499 + 2.148 \ln(DBH) + 0.207(\ln(DBH))^2 - 0.0281(\ln(DBH))^3)$	(Chave <i>et al.</i> , 2005)

Donde  $\rho$  es la densidad específica de la madera en  $g/cm^3$ , DBH son todos los árboles  $\geq 10$  cm de diámetro a la altura del pecho, AGB es la biomasa en kg de masa seca.

Se utilizaron datos de densidad específica de madera de las especies de estudios desarrollados en el área local. En algunos casos donde la densidad específica no estuvo disponible se utilizó la media global ( $\rho$ ) para América del Sur tropical ( $0,632 g/cm^3$ ) (Chave *et al.*, 2009).

Se determinó la biomasa acumulada en  $Mg ha^{-1}$  por cada una de las clases diamétricas (CD). Las clases diamétricas se agruparon en un rango de 10 cm, siendo las CD inferiores 10-20 cm y las superiores mayores de 40 cm.

### 3.3.2.4. Valor de importancia de biomasa a nivel de familias

Se empleó un índice de valor de importancia de biomasa (BIV) propuesto por Torres *et al* (In press), el cual ofrece ventajas al incluir un parámetro fitosociológico que relaciona la

biomasa acumulada por cada familia botánica para determinar las familias de mayor peso ecológico, a partir de la suma de abundancia relativa (ARf), dominancia relativa (DRf) y biomasa relativa (BRf), cuya expresión es:

$$BIV = ARf + DRf + BRf$$

### **3.3.2.5. Análisis para predicción de biomasa acumulada**

Se desarrolló un modelo de regresión para predecir la biomasa aérea y se utilizó el porcentaje de los siguientes atributos ecológicos (abundancia y área basal) como predictores de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

Dónde:

**Y<sub>i</sub>**: Porcentaje de AGB para cada familia i

**β<sub>0</sub>, β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub>**: Vector de coeficiente

**X**: Vector predictor (Abundancia y Área basal).

Se realizó además un análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA), como método de estadística multivariada, según lo sugerido por el programa ecológico CANOCO ver.5.0, para comprobar si existió correlación entre las unidades de muestreo y la biomasa acumulada por familias botánicas. El análisis permitirá determinar las familias que más contribuyeron a la acumulación de biomasa.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Composición de familias botánicas y valor de importancia ecológica

La flora registrada en los cinco transectos de la zona alta de la microcuenca del río Puyo incluyó un total de 30 familias botánicas, 65 especies y 322 individuos, resultando un ecosistema con una alta riqueza de familias, pero con una baja abundancia de individuos (Anexo 1), aspecto característico de bosques amazónicos (Ter *et al.*, 2000; Gentry, 1982). Este resultado coincide con la hipótesis de los estudios realizados por Cano y Stevenson (2009), en áreas de la Amazonía central donde se enmarcó el área de investigación del presente estudio, los cuales plantean que se trata de una de las zonas más diversas.

Las familias que presentaron mayor número de especies fueron: Fabaceae, Lauraceae, Urticaceae y Annonaceae con 8; 5; 5 y 5 taxones respectivamente, le sigue en orden de representación seis familias (Euphorbiaceae, Melastomataceae, Malvaceae, Meliaceae, Moraceae y Rubiaceae) con tres especies cada una de ellas, otro grupo conformado por cuatro familias (Arecaceae, Burseraceae, Cluseaceae y Salicaceae) con una composición de dos especies por familia, y un último grupo determinado por 16 familias que presentaron una sola especie (Figura 3). Estos resultados se corresponden con lo descrito por varios autores (Rangel, 2015; Correa & Stevenson, 2010; Palacios & Jaramillo, 2010; Yaguano *et al.*, 2012), donde refieren que estas familias constituyen elementos distintivos del bosque húmedo tropical caracterizados por una flora entre la vegetación de tierras bajas y los de cordillera.

En un estudio realizado en la comunidad Alta Florencia Río Napo, correspondiente al Parque Nacional Yasuní, se encontró como familias más representativas las Fabaceae, Lauraceae, y Sapotaceae a una altitud de 300 msnm (Guevara *et al.*, 2009). En cambio, en un bosque primario siempreverde piemontano del norte de la cordillera oriental de los Andes, entre los 600-700 msnm, en las proximidades del río Piatúa que tributa al río Anzu, cantón Arosemena Tola, provincia de Napo de la Amazonía ecuatoriana reportó la familia Arecaceae con el mayor porcentaje de especies (22,92%), seguido de Lauraceae con un 15,97% y en tercer lugar la familia Vochysiaceae con 6,60% (Patiño *et al.*, 2015). En relación a lo reportado por este último autor es notable que, en un mismo tipo de ecosistema, a una altitud similar, solo la familia Lauraceae se encuentra con mayor número de especies. Esto indica alteraciones en los patrones de comportamiento de la composición de familias botánicas.

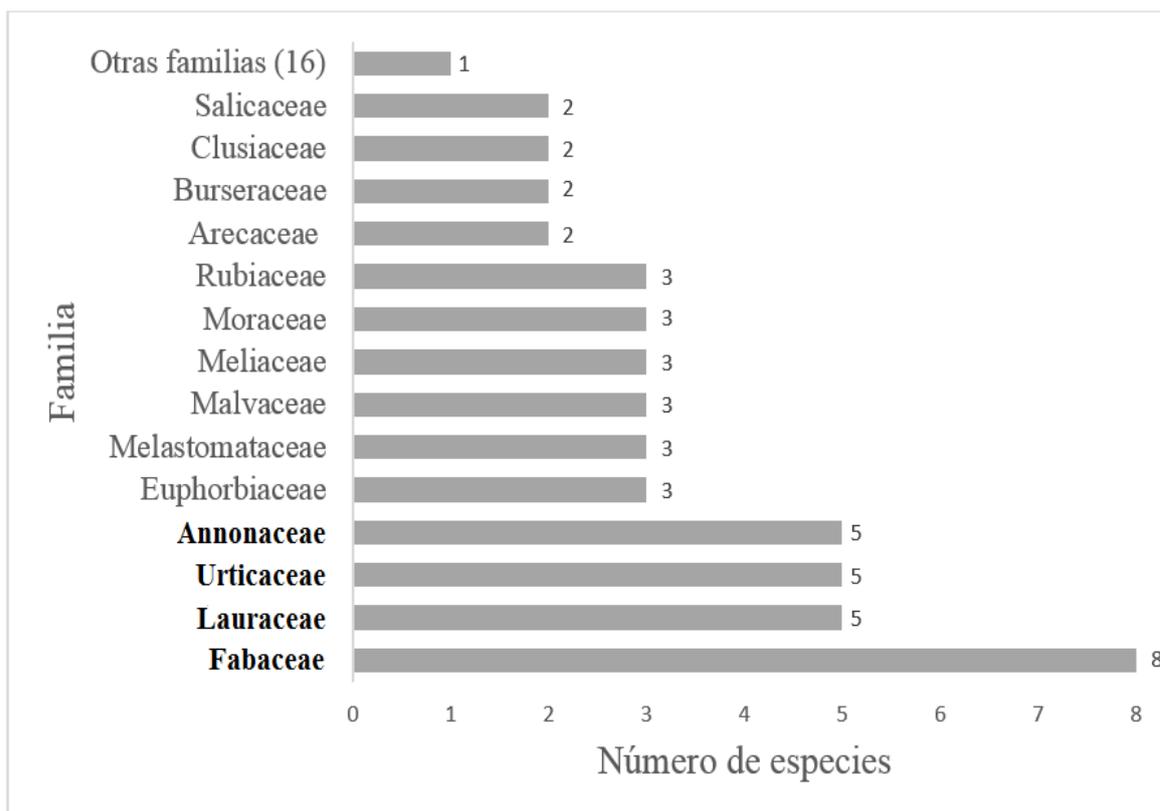


Figura 3. Representación del número de especies por familias botánicas.

Fuente: Elaboración propia.

El dendrograma jerárquico de acuerdo a las medidas de Bray-Curtis con un criterio de similitud de alrededor del 60% de la abundancia de especies, a nivel de familias botánicas, resultó con dos grupos de vegetación, uno conformado por los transectos T1, T2, T5 y T4 con semejanzas entre ellos en cuanto a la abundancia de especies y otro compuesto por T3 con una divergencia significativa en relación al anterior (Figura 4). Este resultado se debe a la alta cantidad de individuos presentes en T3 (75 individuos), siendo el área de mayor abundancia de especies con una menor cantidad de familias botánicas, resultando *Arecaceae*, *Euphorbiaceae* y *Melastomataceae* las más abundantes. Samaniego *et al.*, (2015) obtuvieron resultados similares en un estudio sobre diversidad florística en tres sitios de un bosque siempreverde piemontano de la Amazonía ecuatoriana donde comprobaron que no existió diferencias significativas en cuanto a la riqueza de especies, pero sí en el número de individuos, asociado a las prácticas de extracción de los pobladores.

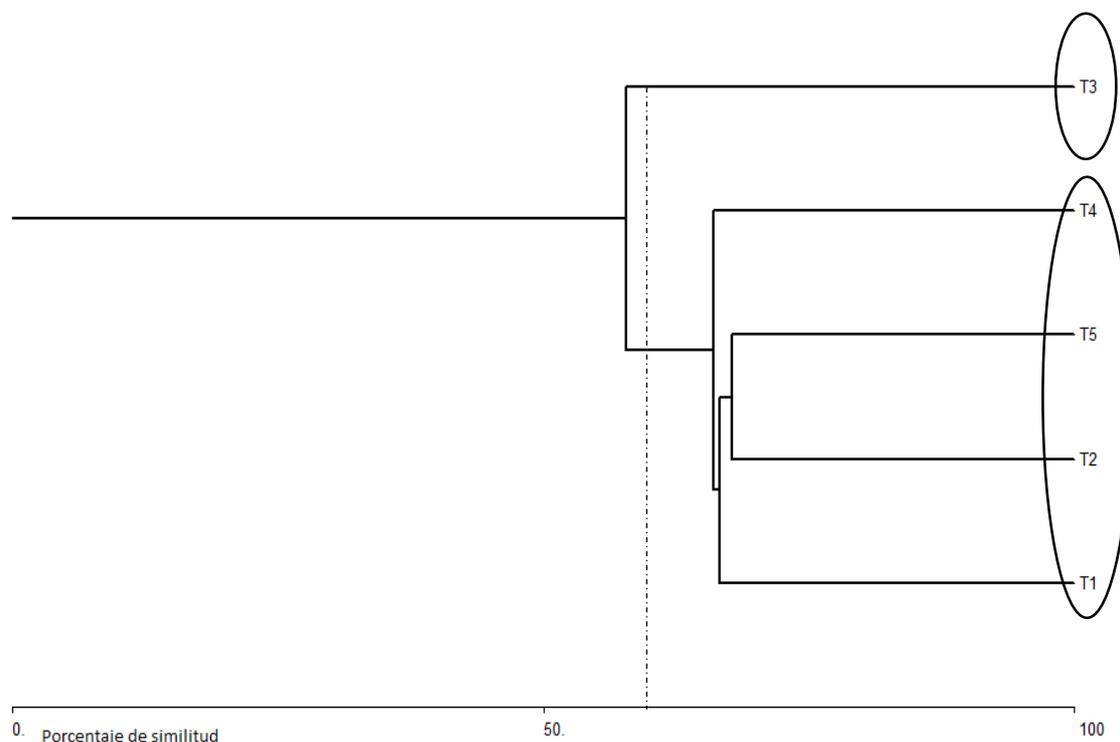


Figura 4. Dendrograma jerárquico según las medidas de Bray-Curtis para el agrupamiento de las unidades de muestreo de acuerdo a la abundancia de especies a nivel de familias.  
Fuente: Elaboración propia.

Las variables asociadas a la composición y estructura en las condiciones ambientales de la zona alta de la microcuenca del río Puyo mostraron ligeras variaciones en cada área de estudio (Tabla 3). El transecto tres presentó mayor abundancia de especies, pero no resultó con mayor estructura, lo cual es indicador de perturbaciones. En este sentido, Sánchez *et al.*, (2017) demostraron el efecto del grado de perturbación en tres sitios de un bosque fragmentado de la Amazonía, resultando con una baja diversidad florística y patrones de alteración en la estructura vertical y horizontal, distinguido fitosociológicamente por dos estratos en los sitios de Shell y Puyo y por tres en Mera, como indicador de cambios estructurales.

Tabla 3. Composición florística y variables estructurales por transectos

Variables	Transecto				
	T1	T2	T3	T4	T5
Número de especies	23	16	14	22	<b>27</b>
Número de individuos	69	52	<b>75</b>	60	66
Número de familias	15	12	11	12	<b>19</b>

<b>Área basal promedio (cm) (AB)</b>	<b>40,77</b>	29,61	34,88	30,15	33,36
<b>d<sub>1.3</sub> promedio (cm)</b>	<b>25,96</b>	18,86	22,22	19,21	21,22

El dendrograma jerárquico, de acuerdo al método del vecino más cercano, con una distancia de siete unidades euclidianas arrojó la formación de dos grupos de acuerdo a las variables estructurales. El primer grupo estuvo compuesto por T2, T4, T3 y T5 con semejanzas entre ellos y el segundo conformado por T1, Lo cual se debe al mayor comportamiento en las variables de estructura (AB y d<sub>1.3</sub>). Los resultados del ANOVA con  $p \leq 0,05$  indicaron que existen diferencias significativas en cuanto a la estructura a nivel de familias botánicas por cada transecto, lo que permitió validar la formación de dos grupos en función de la estructura (Figura 5).

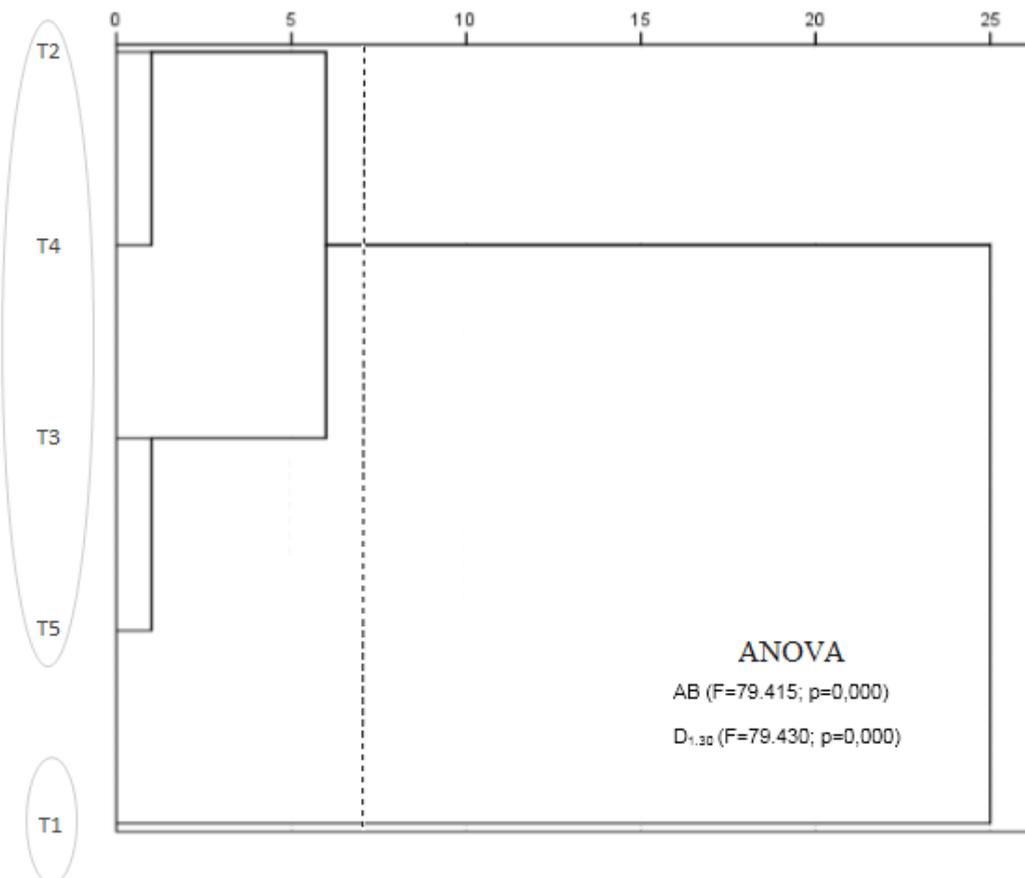


Figura 5. Dendrograma jerárquico según el método del vecino más cercano para el agrupamiento de las unidades de muestreo de acuerdo a las variables de estructura a nivel de familias botánicas.

Fuente: Elaboración propia.

El índice de valor de importancia ecológica permitió evaluar el comportamiento de las familias botánicas a partir de los parámetros fitosociológicos asociados a la abundancia, frecuencia y dominancia relativa. Conforme el índice de valor de importancia ecológico calculado, a nivel de familias, la vegetación se caracterizó con una alta heterogeneidad familiar (Figura 6, Anexo 2). El peso ecológico de las familias cuyas especies presentaron  $d_{1,30} > 10$  cm resultó con valores diferentes y reflejó que las familias más dominantes (Asteraceae y Burseraceae) son las menos abundantes y las más abundantes (Fabaceae, Euphorbiaceae y Lauraceae) son las menos dominantes. La baja participación de las familias botánicas, de acuerdo a los parámetros fitosociológicos, las convierte en vulnerable ante disturbios naturales y antrópicos tales como: deslizamientos de suelo, fuertes vientos y tala de árboles.

De las diez familias de mayor peso ecológico, que representaron el 33,33% de las 30 familias registradas en el inventario florístico de la zona alta de la microcuenca del río Puyo, las familias Fabaceae, Euphorbiaceae y Lauraceae ocuparon el mayor peso ecológico (IVIF) debido a la suma de los parámetros estructurales (abundancia, frecuencia y dominancia), lo cual se corresponde, mayoritariamente, con el patrón observado en muchos bosques tropicales (Gentry 1990; Wittmann *et al.*, 2006; Cerón *et al.*, 2006), aunque es notorio resaltar que la familia Arecaceae, representada por palmas, en la mayoría de los estudios sobre composición florística de ecosistemas de bosques amazónicos resulta entre las tres primeras posiciones ecológicas (Samaniego, 2015; Patiño *et al.*, 2015) y en este caso se encontró en la quinta posición ecológica. Esta pequeña variación del valor ecológico, a nivel familiar, en relación a lo reportado por los autores antes mencionados se pudiera explicar por el efecto de las perturbaciones de carácter natural y antropogénico presentes en el área, lo cual ha provocado ligeras alteraciones en la importancia relativa a nivel de familias botánicas. En la zona de estudio se evidenció la presencia de claros, fundamentalmente en T1 y T2, producto de árboles muertos, talados y otros que han sufrido deslizamientos de suelos, además se reportó una alta abundancia de elementos florísticos de la familia Asteraceae con carácter colonizador, lo que posibilitó que este grupo florístico ocupara uno de los diez primeros lugares. La presencia de la familia Asteraceae puede ser considerado un indicador de disturbios, lo que sugiere encausar acciones para restablecer las funciones y estructura del área de estudio, máximo que se trata de áreas de bosques de la microcuenca del río Puyo que proporcionan diversos servicios ecosistémicos con importantes funciones

para el entorno amazónico, relacionados con el paisajismo, calidad del agua, biodiversidad y captura de carbono.

Según Matteucci y Colma (1982), este índice revela la importancia ecológica de una especie mejor que cualquiera de sus componentes individuales en relación al comportamiento horizontal. Es un buen descriptor de la importancia relativa de cada familia en un lugar, de manera que las familias que presentan los valores más altos son aquellas que poseen más individuos y de mayor tamaño, lo cual aporta información a nivel de la comunidad vegetal, ayuda a tomar decisiones y monitorear el efecto de las perturbaciones.

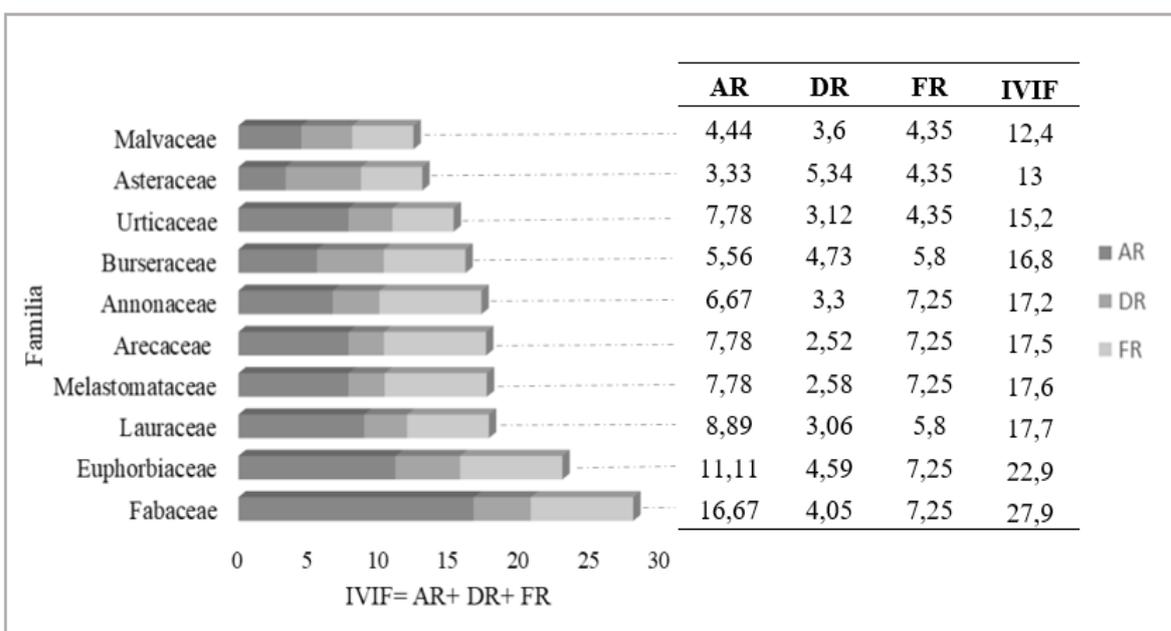


Figura 6. Índice de valor de importancia ecológica familiar en cinco transectos de la zona alta de la microcuenca río Puyo.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Biomasa aérea acumulada de las familias botánicas

La biomasa aérea acumulada (AGB) en cada uno de los transectos de estudio osciló en un rango de 161,84 a 339,70 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabla 4). Estos resultados reflejaron variaciones en la biomasa total, reportándose una mayor acumulación de biomasa en T1 y T5, lo cual reflejó modificaciones en la biomasa y la densidad de especies arbóreas. Los valores obtenidos de AGB se encuentran en los rangos reportados por otros investigadores en estudio de bosques amazónicos (Baker *et al.*, 2004; De Castilho *et al.*, 2006; DeWalt & Chave, 2004; Malhi *et al.*, 2009; Unger *et al.*, 2012; Yepes *et al.*, 2015). De acuerdo con el análisis realizado por Keeling y Phillips (2007), los bosques tropicales del mundo generalmente no tienen valores

de AGB por encima de los 350 Mg ha<sup>-1</sup>. Según Adrianzén (2015), menciona que los bosques amazónicos son un gran almacén de biodiversidad y funcionan como sumideros de carbono debido a la biomasa aérea que acumulan en las diversas especies arbóreas.

Baker *et al.*, (2004) señalaron que para estimaciones comparables de AGB a nivel regional se requiere una ecuación que incorpore aspectos de la estructura del bosque, ya que varían significativamente a nivel regional. Como lo sugieren Chave *et al.*, (2005) es necesario tener en cuenta no solo el diámetro del árbol sino también la altura y la densidad específica de la madera.

Tabla 4. Biomasa total acumulada por transectos

Variable	Transecto				
	T1	T2	T3	T4	T5
AGB (Mg ha <sup>-1</sup> )	348,53	169,03	223,58	161,84	339,70

La mayor acumulación de biomasa se presentó en las clases diamétricas superiores (CD > 40 cm) y la menor en la inferior (CD 10 - 20 cm), aunque la contribución de las clases diamétricas a la biomasa acumulada no se comportó de manera regular en todos los transectos (Figura 7). En la clase diamétrica inferior es donde se concentró la mayor cantidad de individuos, mientras que existió escasa representación de árboles con diámetros mayores a 40 cm. Esto sugiere que la distribución de las especies en cada transecto no es uniforme (estructura variable), característico de los ecosistemas heterogéneos ó con alta tendencia a la heterogeneidad, lo cual se puede manifestar en la capacidad de almacenamiento de carbono. Sin embargo, se puede afirmar que la mayor frecuencia de individuos en la clase diamétrica inferior también favorece a la captura de carbono y su distribución se debe a la alta tasa de renovación forestal dada las características de la zona alta de la microcuenca del río Puyo que se ve afectada por los fuertes vientos y deslizamientos de suelos que causan mortalidad de los árboles más grandes. Las afectaciones que sufren los bosques siempreverde piemontano de la microcuenca del río Puyo pueden ser nefastas para la captura de carbono. Según Adrianzén (2015), los bosques tropicales han captado un gran interés debido a que contribuyen en la captura de CO<sub>2</sub> en función de la biomasa aérea proporcionada por innumerables especies vegetales y alteraciones en ellos pueden influir fuertemente en las emisiones y la fijación de carbono en estos ecosistemas.

Estos resultados se corresponden con Acosta *et al.*, (2002) donde plantearon que la capacidad de los ecosistemas para almacenar carbono en forma de biomasa varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de la población.

Louman *et al.*, (2001) informaron que la mayoría de las áreas naturales existentes tienen una estructura discontinua. Resultados similares fueron reportados por Nebel *et al.*, (2001) en la Amazonía peruana.

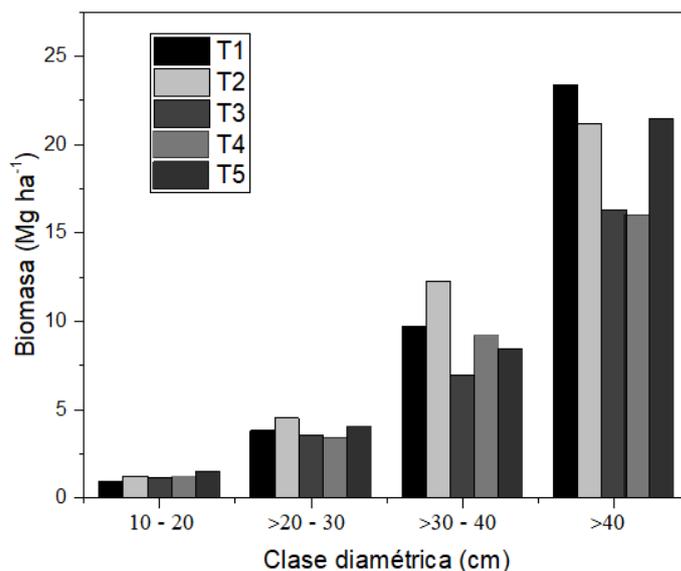


Figura 7. Biomasa acumulada en los transectos por clases diamétricas.

Fuente: Elaboración propia.

El índice de valor de importancia de biomasa (BIV) calculado en función de la densidad, abundancia y biomasa resultó un buen indicador para reconocer las familias botánicas potenciales en la captura de carbono y por lo tanto para la producción de biomasa. Este índice en relación al valor de importancia tradicional, calculado comúnmente en base a la abundancia, frecuencia y dominancia (Lamprecht, 1990; Sullivan *et al.*, 2018; Timilsina, Ross y Heinen, 2007), indicó ciertas ventajas ya que además del análisis ecológico de las comunidades vegetales orientado a interpretaciones de la importancia relativa proporcionó información cuantitativa sobre la acumulación de biomasa de cada familia botánica, la productividad y calidad del sitio o condición ambiental de cada hábitat en específico, lo cual ayudaría a fundamentar las bases para la toma de decisiones en los programas de restauración como contribución a las funciones y servicios ecosistémicos.

Los resultados del BIV (Tabla 5, Anexo 3) reflejaron que las familias pueden ser de importancia relativa para estructura, pero no para almacenamiento de carbono o viceversa.

Las familias de mayor BIV fueron: Moraceae, Arecaceae, Euphorbiaceae Asteraceae, Fabaceae y Rubiaceae, indicando que las más abundantes no son necesariamente esenciales para biomasa o carbono. Las representadas en los cinco transectos de estudio fueron: Euphorbiaceae, Arecaceae, Fabaceae y Melastomataceae, debido a su alta abundancia, sin embargo, esto no significa que sean las que más contribuyen a la biomasa. Las de mayor contribución a la biomasa fueron: Moraceae, Rubiaceae y Rutaceae. Esto reflejó la contribución desproporcionada de un pequeño número de familias para mantener el nivel de reservas de carbono. Este patrón de baja representatividad de familias en cuanto a carbono podría indicar que los futuros cambios del ecosistema pueden resultar en el empobrecimiento de los bosques amazónicos. Estos resultados se corresponden con lo reportado por Fauset *et al.*, (2015) para los bosques amazónicos donde refieren que la producción de biomasa está altamente concentrada en pocas especies y que pueden ser menos resistentes a cambios ambientales de lo que se esperaría dado que la alta diversidad de especies típicamente confiere una alta resiliencia. Del mismo modo, esta información proporciona una mejor comprensión de como las existencias de carbono en ecosistemas de bosques tropicales podría conducir a predicciones sobre los cambios de uso de suelos y futuros escenarios de cambio climático.

En este sentido, Kirby & Potvin (2007) no detectaron una relación entre diversidad y almacenamiento en carbono (C), sin embargo, las contribuciones relativas de las especies al almacenamiento de AGB/C por hectárea en los bosques y los sistemas agroforestales fueron muy asimétricos y, a menudo, no fueron proporcionales a las especies relativas a la abundancia.

El análisis comparativo del BIV por cada transecto indicó que T1 fue superior, lo cual se corresponde con la mayor acumulación de carbono, en el resto de los transectos los valores fueron similares. Esto se debe a la presencia de la familia Moraceae con mayor porcentaje de área basal y biomasa. Según Dauber *et al.*, (2000) los valores de carbono almacenado en la biomasa fluctúan proporcionalmente a los valores de biomasa aérea total y se relacionan con la altura de los bosques, volúmenes de madera, condiciones biofísicas, frecuencia y abundancia de especies.

Tabla 5. Índice de valor de importancia de biomasa (BIV) para familias botánicas en cinco transectos.

Familias botánicas	N (%)	BA (%)	AGB (%)	BIV * (%)
T1				
<b>Moraceae</b>	1,45	23,1	79,81	<b>34,80</b>
Rubiaceae	1,4	10,0	16,04	9,18
Euphorbiaceae	15,9	5,2	0,10	7,07
Asteraceae	11,6	8,9	0,32	6,95
Arecaceae	15,9	3,7	0,04	6,57
Malvaceae	1,4	7,2	6,78	5,14
Fabaceae	10,1	5,1	0,06	5,09
Urticaceae	10,1	4,4	0,03	4,86
Melastomataceae	10,1	2,9	0,01	4,34
Lamiaceae	1,4	6,0	4,22	3,88
Total parcial	79,7	76,5	107,40	87,87
T2				
<b>Arecaceae</b>	36,54	6,87	0,16	<b>14,52</b>
Asteraceae	17,31	12,32	0,35	9,99
Fabaceae	7,69	12,70	7,72	9,37
Euphorbiaceae	11,54	10,58	0,17	7,43
Melastomataceae	7,69	6,86	0,03	4,86
Rosaceae	1,92	9,29	2,93	4,71
Annonaceae	3,85	9,78	0,05	4,56
Urticaceae	5,77	6,99	0,01	4,26
Burseraceae	1,92	8,16	2,15	4,08
Clusiaceae	1,92	5,91	0,91	2,92
Total parcial	96,15	89,45	14,49	66,70
T3				
<b>Arecaceae</b>	41,33	5,83	0,15	<b>15,77</b>
Euphorbiaceae	32,00	12,19	0,59	14,93
Rutaceae	1,33	12,77	8,21	7,44
Melastomataceae	10,67	6,74	0,06	5,82
Rosaceae	1,33	10,68	5,17	5,73
Moraceae	1,33	9,90	2,89	4,71
Annonaceae	1,33	9,12	3,42	4,63
Lauraceae	5,33	8,34	0,05	4,58
Proteaceae	1,33	8,73	3,14	4,40
Fabaceae	2,67	9,19	0,03	3,96
Total parcial	98,67	93,49	23,72	71,96
T4				
<b>Arecaceae</b>	38,33	6,48	0,18	<b>15,00</b>
Euphorbiaceae	16,67	11,19	0,26	9,37
Fabaceae	8,33	14,37	0,16	7,62

Meliaceae	6,67	9,88	0,16	5,57
Annonaceae	3,33	12,64	0,10	5,36
Boraginaceae	6,67	8,22	0,05	4,98
Melastomataceae	6,67	5,60	0,02	4,09
Malvaceae	5,00	6,95	0,03	3,99
Burseraceae	3,33	7,53	0,03	3,63
Elaeocarpaceae	1,67	5,94	1,23	2,95
Total parcial	96,67	88,81	2,21	62,56
T5				
<b>Arecaceae</b>	25,76	4,27	0,09	<b>10,04</b>
Asteraceae	1,52	10,49	17,86	9,95
Fabaceae	15,15	6,62	0,23	7,33
Euphorbiaceae	10,61	9,29	0,24	6,71
Melastomataceae	15,15	4,63	0,08	6,62
Phyllanthaceae	1,52	7,10	6,78	5,13
Salicaceae	1,52	6,55	5,96	4,67
Burseraceae	4,55	9,31	0,15	4,67
Urticaceae	4,55	6,11	0,06	3,57
Malvaceae	3,03	6,63	0,03	3,23
Total parcial	83,33	70,99	31,47	61,93

Valor de la biomasa importancia (BIV) = media relativa de (N+ BA + AGB) / 3

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3. Relación de atributos ecológicos con la biomasa aérea.

La contribución relativa de las variables de estudio mostró una relación cuadrática de segundo orden con ajustes diferentes. El área basal de cada familia resultó un buen predictor ( $p \leq 0,05$ ) de la cantidad de biomasa, con ajustes superiores al 68%, mientras que la abundancia no mostró relación ( $p \geq 0,05$ ) con ajustes de 45% (Figura 8 a y b). Este resultado es de gran importancia ya que permite considerar qué especies son dominantes en las estimaciones de captura de carbono, lo que significa que se pueden ahorrar tiempo y recursos.

O'Grady *et al.*, (2000) encontraron una alta correlación, con valores de 88,5%, entre la biomasa aérea y el área basal en un bosque abierto de *Eucalyptus miniata* y *Eucalyptus tetrodonta*. Por otro lado, Nunes *et al.*, (2013) informaron resultados similares para la biomasa aérea y la producción primaria neta de pinos, robles y bosques mixtos de pino y roble en el distrito de Vila Real, en Portugal.

Lewis *et al.*, (2013) también indicaron que el área basal es un buen predictor de la biomasa aérea ( $r = 0.71$ ), mientras que, para la densidad del tallo, las correlaciones fueron bajas ( $r = 0.18$ ).

Moore (2010), usando datos de 637 árboles recolectados en 13 estudios diferentes, desarrolló una serie de ecuaciones que permiten estimar la biomasa aérea total de pinos radiata individuales a partir de la información sobre la altura (H) y el diámetro (D). El examen de los datos reveló la existencia de relaciones sólidas entre AGB y  $D^2$  y  $D^2H$  en la escala de medición original. Estos resultados demuestran la relación entre el área basal y la biomasa aérea.

Laamouri *et al.*, (2002), indicaron que las regresiones lineales (simples y múltiples) permitieron estimar satisfactoriamente la producción de biomasa aérea de *Acacia cyanophylla* Lindl. Usando su volumen o su diámetro basal ( $R^2 = 0.76$  a  $0.96$ ). Sin embargo, la regresión múltiple que involucró tanto el volumen como el diámetro basal condujo a una mejor precisión del modelo ( $R^2 = 0.90$  a  $0.98$ ).

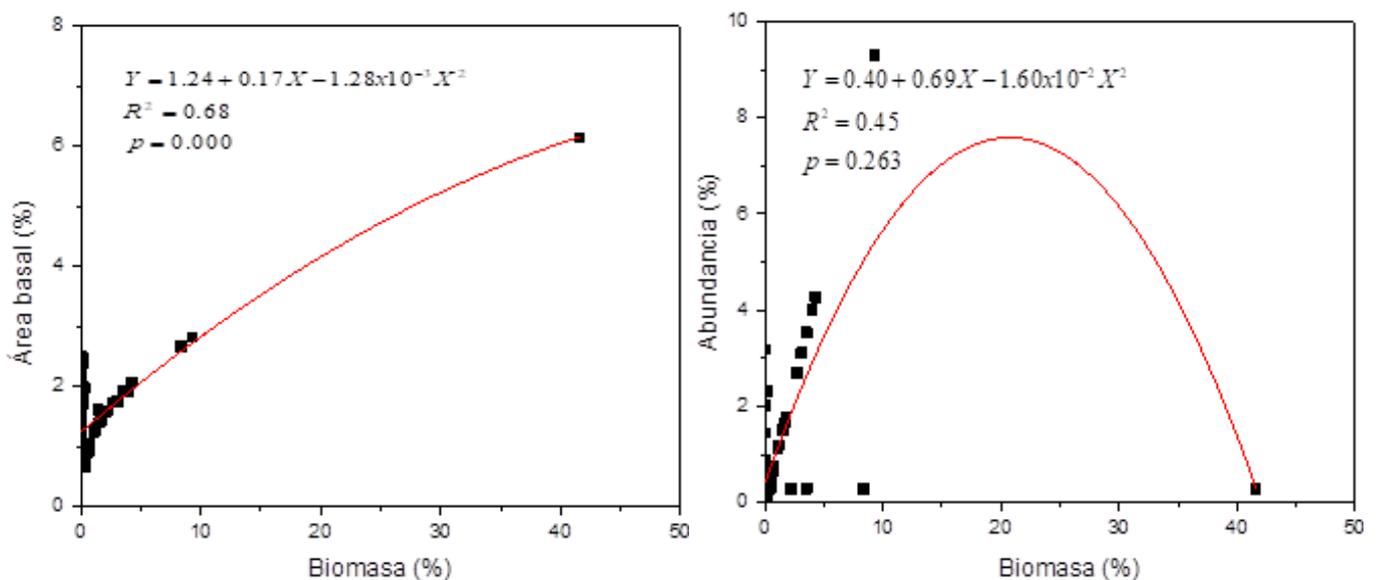


Figura 8. Relación entre porcentaje de abundancia (a), área basal (b) con biomasa acumulada.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA) describió la distribución de la biomasa acumulada en función de los transectos de estudio, el cual resultó con una alta correlación entre los transectos y la biomasa acumulada por familias. El primer eje fue capaz

de explicar el 74% de la varianza total explicada (Tabla 6). La longitud del gradiente fue de 4,3, por lo que el método lineal no fue apropiado (Lepš & Šmilauer, 2014).

Tabla 6. Análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA)

Ejes	Eje 1	Eje 2
Autovalores	0.7366	0.2070
Porcentaje acumulado de la varianza	28.85	36.96
Longitud del gradiente	4.34	3.80

Se comprobó mediante distribución espacial que los transectos de estudio presentaron tendencias a distanciarse en cuanto a la acumulación de biomasa por familias, siendo T4 el de mayor distancia, identificado como el transecto de menor aporte de biomasa (Figura 9). La contribución de algunas familias a AGB y BIV y, por lo tanto, la función del ecosistema se puede considerar con precaución. Fauset *et al.*, (2015) informan la contribución de algunas familias a AGB en los bosques amazónicos y sugieren que estos pueden ser menos resistentes al cambio ambiental en comparación con los bosques más diversos, donde más especies contribuyen al AGB total.

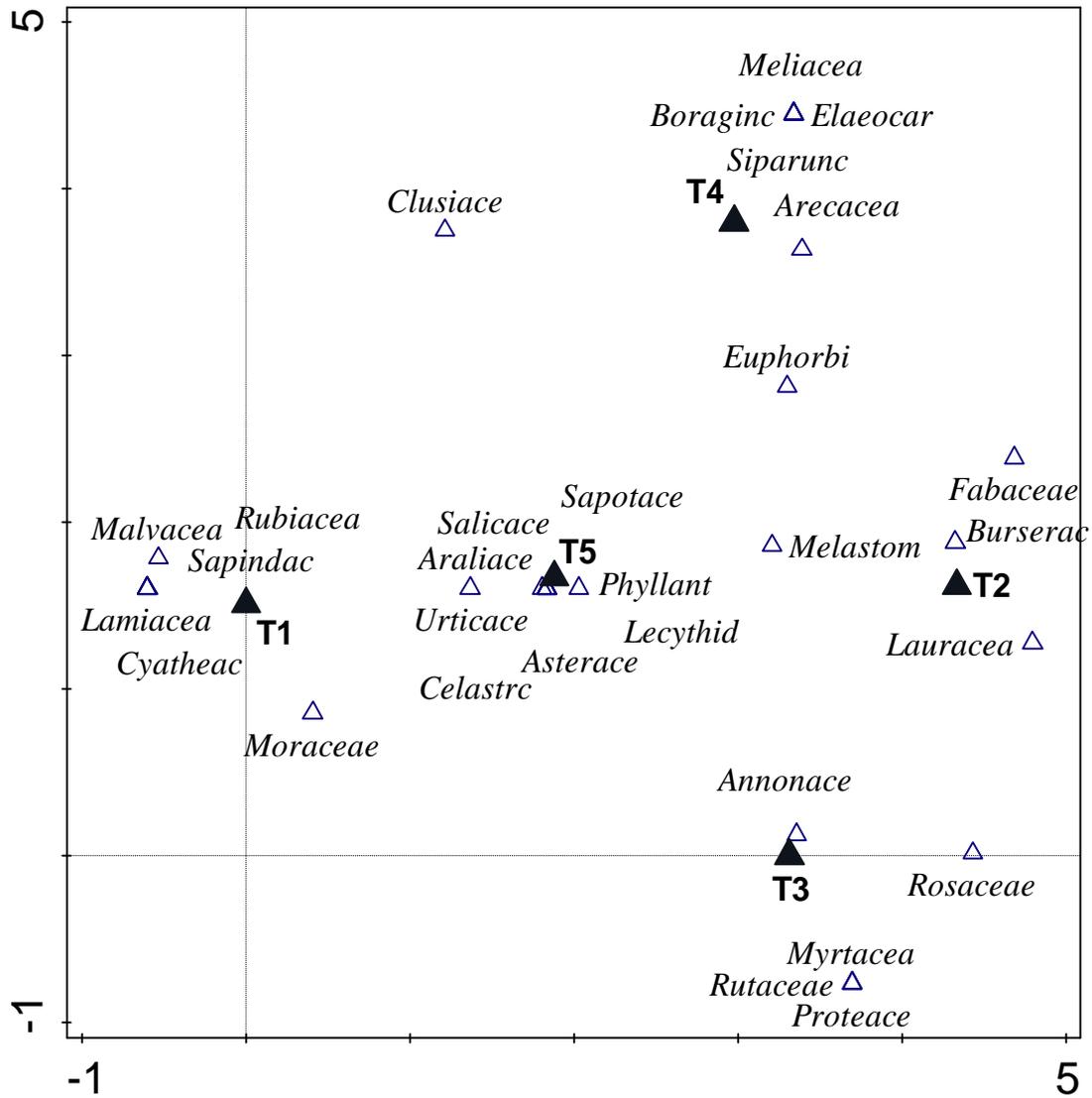


Figura 9. Ordenación espacial de los transectos y acumulación de biomasa por familias.  
Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: Meliaceae (Meliacea); Boraginaceae (Boraginc); Elaeocarpaceae (Elaeocar); Siparunaceae (Siparunc); Clusiaceae (Clusiace); Arecaceae (Arecacea); Euphorbiaceae (Euphorbi); Malvaceae (Malvacea); Rubiaceae (Rubiacea); Salicaceae (Salicace); Sapotaceae (Sapotace); Fabaceae (Fabaceae); Sapindaceae (Sapindac); Araliaceae (Araliace); Melastomataceae (Melastom); Burseraceae (Burserac); Lamiaceae (Lamiacea); Urticaceae (Urticace); Phyllanthaceae (Phyllant); Lecythidaceae (Lecythid), Lauraceae (Lauracea); Cyatheaceae (Cyatheac); Asteraceae (Asterace), Celastraceae (Celastrc); Moraceae (Moraceae); Annonaceae (Annonace); Rosaceae (Rosaceae); Myrtaceae (Myrtacea); Rutaceae (Rutaceae); Proteaceae (Proteace).

La contribución de las familias a la acumulación de biomasa resultó con diferencias significativas entre los transectos de estudio. Las familias que más contribuyeron a la biomasa en T1 fueron seis (Malvaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Lamiaceae, Cyatheaceae y Moraceae), en T2 se reportaron cuatro familias (Fabaceae, Burseraceae, Melastomataceae y Lauraceae) con menor cantidad de familias contribuyentes al total de biomasa acumulada, representado por el menor tamaño del círculo (Figura 10), T3 resultó con cinco familias (Annonaceae, Rosaceae, Myrtaceae, Rutaceae y Protaceae), T4 estuvo representado por cinco familias (Meliaceae, Boraginaceae, Elaeocarpaceae, Siparunaceae y Arecaceae) y T5 con ocho familias contribuyentes (Sapotaceae, Saliaceae, Araliaceae, Urticaceae, Phyllantaceae, Lecythidaceae, Asteraceae y Celastraceae), resultando con mayor número de familias (círculos más grandes). Se evidenció que las familias Clusiaceae y Euphorbiaceae mostraron un patrón diferente a las demás, las cuales no estuvieron asociadas a ninguno de los transectos, indicando una menor correlación con el resto de la composición familiar. Esta característica se debió a la baja representatividad como reservas de carbono.

El análisis global de la distribución de especies y la composición dentro de un mosaico de paisaje permite entender el aporte y el papel que juegan cada uno de los hábitats disponibles en la distribución de las especies y la capacidad para garantizar su conservación en paisajes intervenidos (Petit & Petit, 2003). Los resultados obtenidos posibilitaron la identificación de las familias botánicas que más contribuyeron a la reserva de carbono y a la vez que más aportan a los servicios ecosistémicos dentro de la microcuenca del río Puyo, por lo cual, se convierten en familias claves (Moraceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Fabaceae y Rubiaceae), desde el punto de vista funcional en estos hábitats.

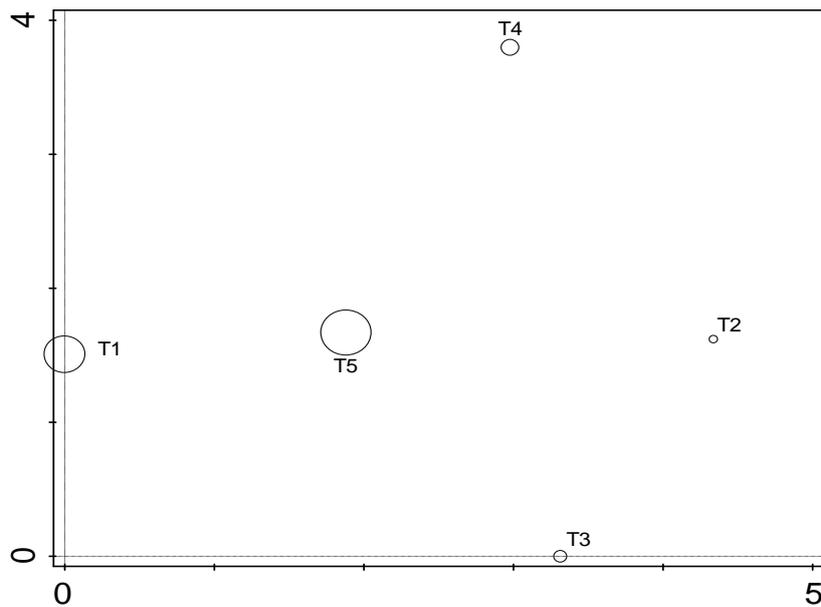


Figura 10. Distribución del número de familias por transectos (Un aumento del tamaño de los círculos indica mayor cantidad de familias).

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro resumen muestra las tres familias botánicas claves y su contribución de biomasa por cada uno de los transectos de estudio del bosque siempreverde piemontano de la zona alta de la microcuenca del río Puyo (Tabla 7), reflejando un patrón diferenciado en cada transecto.

Tabla 7. Resumen de las tres familias botánicas claves, su contribución a la biomasa aérea y servicios ecosistémicos.

Transecto	Familias más abundantes	IVIF	AGB	BIV
T1	Moraceae	118,66	79,81	34,80
	Rubiaceae	84,54	16,04	9,18
	Euphorbiaceae	96,80	0,10	7,07
	Arecaceae	94,86	0,16	14,52
T2	Asteraceae	91,97	0,35	9,99
	Fabaceae	113,16	7,72	9,37
	Arecaceae	77,26	0,15	15,77
T3	Euphorbiaceae	122,93	0,59	14,93
	Rutaceae	99,81	8,21	7,44
	Arecaceae	75,77	0,18	15,00
T4	Euphorbiaceae	90,49	0,26	9,37
	Fabaceae	133,74	0,16	7,62
	Arecaceae	73,30	0,09	10,04
T5	Asteraceae	102,41	17,86	9,95
	Fabaceae	124,29	0,23	7,33

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La flora registrada en la zona alta de la microcuenca del río Puyo incluyó un total de 30 familias botánicas, 65 especies y 322 individuos, resultando un ecosistema con una alta riqueza de familias y alteraciones en la composición, donde las cuatro familias más abundantes fueron Fabaceae, Lauraceae, Urticaceae y Annonaceae.
- El transecto tres (T3) presentó una mayor abundancia de especies, mientras que el uno resultó diferente por su estructura, resultados obtenidos a partir del análisis de clúster, lo que permitió clasificar la vegetación en función de la composición y estructura.
- La biomasa aérea resultó con variaciones en los transectos, con valores de 161,84 Mg ha<sup>-1</sup> a 339,70 Mg ha<sup>-1</sup> y mayor acumulación en los individuos de menor clase diamétrica, resultando los de mayor potencial para la captura de carbono.
- El índice de valor de importancia de biomasa resultó un buen indicador para reconocer familias potenciales en la captura de carbono, demostrándose la contribución desproporcionada de un pequeño número de familias para mantener el nivel de reservas de carbono, de ahí que futuros cambios en el ambiente pudieran resultar en el empobrecimiento de este ecosistema amazónico.
- El área basal resultó un buen predictor de la biomasa aérea, con ajustes superiores al 68%, lo que permitió considerar las familias más dominantes en las estimaciones de captura de carbono.
- El análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA) con una alta correlación permitió identificar que las familias (Moraceae, Arecaceae, Malvaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Fabaceae y Rubiaceae), son las de mayor contribución a la reserva de carbono y que más aportan a los servicios ecosistémicos dentro de la microcuenca del río Puyo, por lo cual, se convierten en familias claves desde el punto de vista funcional.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Continuar con el proceso de toma de datos como parte de la investigación e incorporar variables ambientales de interés en otras regiones de la Amazonía ecuatoriana, a partir de la metodología desarrollada en este trabajo.
- Elaborar un plan de manejo diferenciado en función de los grupos de vegetación, de forma tal que permita tomar decisiones en cuanto a los patrones de estructura y composición familiar.
- Socializar con las entidades gubernamentales la contribución de las familias botánicas a la captura de carbono y por consiguiente a los servicios ecosistémicos de la microcuenca del río Puyo, de manera tal que se puedan definir acciones prioritarias para estos grupos ecológicos.
- Desarrollar acciones de concienciación con los moradores de la zona para mitigar el efecto de la antropización y valorizar la importancia de los servicios ecosistémicos de la microcuenca del río Puyo.
- Aplicar el índice de biomasa (BIV) propuesto, para la determinación de familias claves en ecosistemas amazónicos como contribución a la captura de carbono, ya que resultó ser un índice aceptable para la cuantificación de biomasa aérea.

## CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, M.; Vargas, H.J.; Velázquez, M.A. & Etchevers, B.J.D. (2002). Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia*, 36(6).
- Adrianzén, M. (2015). Aporte de biomasa aérea de las especies arbóreas de la familia Myristicaceae en los bosques Amazónicos del Perú. *Revista de Biología Tropical*, 63(1).
- Aguirre, N.M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista virtual REDESMA*, 5, 9.
- Alves, L.F.; Vieira, S.A.; Scaranello, M.A.; Camargo, P.B.; Santos, F.A.; Joly, C.A. & Martinelli, L.A. (2010). Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). *Forest ecology and management*, 260(5), 679-691.
- Baker, T.R.; Phillips, O.; Malhi, L. & Almeida, S.; Arroyo, L.; Di Fiore, A. & Lewis, S.L. (2004). Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, 10(5), 545-562.
- Barnasar, M. (2009). Captura y almacenamiento de carbono. *Ecología Política*, (39), 9-12.
- Bartelink, H.H. (1996). Allometric relationships on biomass and needle area of Douglas-fir. *For. Ecol. Manag.* 86: 193-203.
- Bravo, C.; Marín, H.; Marrero-Labrador, P.; Ruiz, M.E.; Torres-Navarrete, B.; Navarrete-Alvarado, H. & Changoluisa-Vargas, D. (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonia Ecuatoriana. *Bioagro*, 29(1), 23-36.
- Bravo, V.E. (2014). La biodiversidad en el Ecuador. *Abya-Yala/UPS*.
- Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forest. University of Illinois, Urbana, Illinois, USA. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 55 p.
- Callo, C.D.; Krishnamurthy, L. & Alegre, J. (2002). Secuestro de carbono por sistemas agroforestales amazónicos. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(2).

- Calvo, P.M. (2013). *Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio. Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica y científica.* Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales.
- Cano, Á. & Stevenson, P.R. (2009). Floristic composition and diversity of three forest types at Caparú, Vaupús Biological Station. *Colombia Forestal*, 12(1), 63-80.
- Causton, D.R. (1985). Biometrical, structural and physiological relationships among tree parts. In: *Attributes of trees as crop plants.* Cannell, M. G. R. and J. E. Jackson (eds). *Inst. Terrestrial Ecology, Huntingdon.* pp: 137-159.
- Cerón, C.E.; Reyes, C.I. & Vela, C. (2006). Características botánicas de la Reserva Militar y Ecológica Arenillas, El Oro–Ecuador. *Cinchonia*, 7(1), 115-130.
- Chave, J.; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns, M. A.; Chambers, J.Q.; Eamus, D. & Lescure, J. P. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87-99.
- Chave, J.; Coomes, D.; Jansen, S.; Lewis, S.L.; Swenson, N.G. & Zanne, A.E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology letters*, 12(4), 351-366.
- Correa, G.D.F. & Stevenson, P.R. (2010). Structure and diversity of riparian forests in a seasonal savanna of the Llanos Orientales Colombianos (Tomo Grande Reserva, Vichada. *Orinoquia*, 14, 31-48.
- Dauber, E.; Terán, J. & Guzmán, R. (2000). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. Santa Cruz: Superintendencia Forestal.
- De Castilho, C.V.; Magnusson, W.E.; De Araújo, R.N.O.; Luizao, R.C.; Luizao, F.J.; Lima, A.P. & Higuchi, N. (2006). Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. *Forest ecology and management*, 234(1-3), 85-96.
- De Jong, H.H.; Wenno, B.J. & Meelis, E. (1995). Seagrass distribution and seasonal biomass changes in relation to dugong grazing in the Moluccas, East Indonesia. *Aquatic Botany*, 50(1), 1-19.
- Deans, J.D.; J. Mora. & J. Grace. (1996). Biomass relationships for tree species in regenerating semi-deciduous tropical moist forest in Cameeroon. *For. Ecol. Manag.* 88: 215-225.
- DeWalt, S.J. & Chave, J. (2004). Structure and biomass of four lowland Neotropical forests. *Biotropica*, 36(1), 7-19.

- FAO. (2004). Inventario forestal Nacional. Manual de campo. Departamento de Montes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2012). El Estado de los Bosques del Mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma.
- Fauset, S.; Johnson, M.O.; Gloor, M.; Baker, T.R.; Monteagudo, A.; Brienen, R.J. & Pitman, N.C. (2015). Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. *Nature communications*, 6, 6857.
- Fraume, N. (2012). Diccionario Ambiental. Ecoe ediciones. Disponible en <http://booksmedicos.org/diccionario-ambiental-nestor-julio-fraume>. Consultado junio, 2018.
- García, M.; Charry, A.; Jager, M.; Bermudez, J.J.; Sandoval, G.; Ramírez, U. & Quintero, M. (2018). Estrategia sectorial de la cadena de productos no maderables del bosque en Caquetá, con enfoque agroambiental y cero deforestación. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia, ISBN: 978-958-694-211-9.
- Gasparri, I. & Manghi, E. (2014). Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal.
- Gentry, A.H. (1982). Increasing turnover through time in tropical forests. *Science* 263:954– 58.
- Gentry, A.H. (1990). Contrasting phytogeographic patterns of upland and lowland panamanian plants. En W.G. Dárcy (Ed.). *The botany and natural history of Panama* (pp.147-160). St. Louis: Missouri Botanical Garden.
- Grace, J. (2004). Understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology*, 92(2), 189-202.
- Granda, M.J. & Yáñez, M. (2017). Perception study of benefits of socio bosque programme in ecuadorian amazon region. *Granja-revista de ciencias de la vida*, 26(2), 28-37.
- Greenman, C.; Stephens, P.; Smith, R.; Dalgliesh, G.L.; Hunter, C.; Bignell, G. & Edkins, S. (2007). Patterns of somatic mutation in human cancer genomes. *Nature*, 446(7132), 153.
- Guevara, J.; Shiguango, H. & Luna, D. (2009). Evaluación de la Flora arbórea de las comunidades alta Florencia, Río Napo y Bataburo, Río Tiwino; amazonía ecuatoriana. *Cinchonia* (Quito). 9 (1), Pp. 62-70.

- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2014). Anuario Meteorológico Nro. 51–2011. Quito-Ecuador. 149 pp.
- INEC, I. (2010). Censo de población y vivienda. Censo de Población y Vivienda.
- Jiménez, V.A.; Acevedo, P.; Barbosa, A.M.; Lobo, J.M. & Real, R. (2013). Discrimination capacity in species distribution models depends on the representativeness of the environmental domain. *Global Ecology and Biogeography*, 22(4), 508-516.
- Keeling, H.C. & Phillips, O.L. (2007). The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16(5), 618-631.
- Kirby, K.R. & Potvin, C. (2007). Variation in carbon storage among tree species: implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 246(2-3), 208-221.
- Laamouri, A.; Chtourou, A. & Salem, H.B. (2002). Prédiction de la biomasse aérienne d'*Acacia cyanophylla* Lindl.(Syn. *A. saligna* (Labill.) H. Wendl) à partir de mensurations dimensionnelles. *Annals of forest science*, 59(3), 335-340.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas; possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.
- Landsberg, J.J.; & Gower, S.T. (1997). *Applications of Physiological Ecology to Forest Management*. Academic Press. San Diego, U.S.A. 354 p.
- Laumonier, Y.; Edin, A.; Kanninen, M. & Munandar, A.W. (2010). Landscape-scale variation in the structure and biomass of the hill dipterocarp forest of Sumatra: Implications for carbon stock assessments. *Forest Ecology and Management*, 259(3), 505-513.
- Laurance, W.F.; Albernaz, A.K.; Fearnside, P.M.; Vasconcelos, H.L. & Ferreira, L.V. (2004). Deforestation in Amazonia. *Science*, 304(5674), 1109-1111.
- Lepš, J. & Šmilauer, P. (2003). *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO5*. Cambridge university press.
- Lerma, M.A. & Orjuela, G.E.L. (2014). Modelos Alométricos Para La Estimación De La Biomasa Aérea Total En El Páramo De Anaime, Departamento Del Tolima, Colombia.
- Lewis, S.L.; Sonké, B.; Sunderland, T.; Begne, S.K.; Lopez-Gonzalez, G.; Van Der Heijden, G.M. & Bastin, J.F. (2013). Above-ground biomass and structure of 260 African tropical forests. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 368(1625), 20120295.

- Louman, B.; Valerio, J. & Jiménez, W. (2001). Bases ecológicas. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico, (46), 19-78.
- Lozada, D.J.R. (2010). Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista Forestal Venezolana*, 54(1):77-88.
- Malhi, Y.; Aragao, L.E.O.; Metcalfe, D.B.; Paiva, R.; Quesada, C.A.; Almeida, S. & Huttyra, L.R. (2009). Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forests. *Global Change Biology*, 15(5), 1255-1274.
- Matteucci, S. & Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Washington – USA. O.E.A. Edit. UNNE. 168 p.
- Melito, M.; Metzger, J.P. & de Oliveira, A.A. (2018). Landscape-level effects on aboveground biomass of tropical forests: A conceptual framework. *Global change biology*, 24(2), 597-607
- Moore, J.R. (2010). Allometric equations to predict the total above-ground biomass of radiata pine trees. *Annals of Forest Science*, 67(8), 806.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T manuales y tesis SEA. Volumen I. Zaragoza 84 p.
- Moser, G.; Leuschner, C.; Hertel, D.; Graefe, S.; Soethe, N. & Iost, S. (2011). Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S Ecuador): the role of the belowground compartment. *Global Change Biology*, 17(6), 2211-2226.
- Návar, C.J.; González, B.N.; Graciano, L.J.; Dale, V. & Parresol, B. (2004). Additive biomass equations for pine species of forest plantations of Durango, México. *Madera y Bosques* 10(2):17-28.
- Nebel, G.; Kvist, L.P.; Vanclay, J. K.; Christensen, H.; Freitas, L. & Ruíz, J. (2001). Structure and floristic composition of flood plain forests in the Peruvian Amazon: I. Overstorey. *Forest ecology and Management*, 150(1-2), 27-57.
- Nunes, L.; Lopes, D.; Rego, F.C. & Gower, S.T. (2013). Aboveground biomass and net primary production of pine, oak and mixed pine–oak forests on the Vila Real district, Portugal. *Forest Ecology and Management*, 305, 38-47.
- O'Grady, A.P.; Chen, X.; Eamus, D.; & Hutley, L.B. (2000). Composition, leaf area index and standing biomass of eucalypt open forests near Darwin in the Northern Territory, Australia. *Australian Journal of Botany*, 48(5), 629-638.

- Palacios, W. & Jaramillo, N. (2010). Riqueza florística y forestal de los bosques tropicales húmedos del Ecuador e implicaciones para su manejo. *Revista Forestal Centroamericana*. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 36: 46-5.
- Palacios, W. (2017). *Arboles del Ecuador: Familias y géneros; especies representativas*. Ciudadela el Olivo. Universidad Técnica del Norte Ibarra-Ecuador. 882 p.
- Pan, Y.; Birdsey, R.A.; Fang, J.; Houghton, R., Kauppi, P.E.; Kurz, W.A. & Ciais, P. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333:988–99.
- Patiño, J.; Lozano, P.; Tipán, C.; Navarrete, H.; López, R.; Asanza, M. & Torres, B. (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m s.n.m. en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 4 (2): 166-192.
- Pérez, M. (2015). *Bosque Húmedo Tropical: Características, Clima, Flora y Fauna*. Lifereder.com. Disponible en <https://www.lifereder.com/bosque-humedo-tropical>. Consultado junio, 2018.
- Pérez, T.M.P. & Feeley, K.J. (2018). Increasing humidity threatens tropical forests. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 68.
- Petit, L.J. & Petit, D.R. (2003). Evaluating the importance of human-modified lands for neotropical bird conservation. *Conservation Biology*, 17(3), 687-694.
- Rangel, Ch.J.O. (2015). La riqueza de las plantas con flores de Colombia: The richness of flowering plants in Colombia. *Caldasia*, 37(2), 279-308.
- Ruiz, C.G.R. (2014). *Metodologías para estimar biomasa y carbono en especies forestales de México*. Naturaleza y desarrollo.
- Sabogal, C.; Guariguata, M.; Broadhead, J.; Lescuyer, G.; Savilaakso, S.; Essoungou, J.N. & Sist, P. (2013). *Manejo forestal de uso múltiple en el trópico húmedo: Oportunidades y desafíos para el manejo forestal sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.
- Samaniego, E. (2015) *Líneas estratégicas para el manejo del bosque húmedo tropical premontano en la estribación oriental del Parque Nacional Llanganates, Ecuador*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. 175p: 27.

- Samaniego, E.; García, Y.; Neill, D.; Arteaga, Y.; Vargas, J.C.; Rojas, L. (2015). Diversidad florística de tres sitios de un bosque siempreverde piemontano de la región oriental amazónica del Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 4 (1): 32-47.
- Sánchez, H.G.; García, Q.Y.; Geada, L.G.; Arteaga, C.Y.; Ríos, O.J. & Guerero, R.J. (2017). Efecto del grado de antropización en la estructura, en tres sitios fragmentados bosque siempreverde piemontano. *Revista Cubana de Ciencias Forestales (CEFORES)*. Vol. 5(2):172-180.
- Sande, M.T.; Poorter, L.; Kooistra, L.; Balvanera, P.; Thonicke, K.; Thompson, J.; & Mwampamba, T.H. (2017). Biodiversity in species, traits, and structure determines carbon stocks and uptake in tropical forests. *Biotropica*, 49(5), 593-603.
- Schulze, E.D., Ch. Wirth & M. Heimann. (2000). Managing forests after Kyoto. *Science* 289 (5487):2058-2059.
- Soriano-Luna, M.D.L.Á.; Ángeles-Pérez, G.; Martínez-Trinidad, T.; Plascencia-Escalante, F.O. & Razo-Zárate, R. (2015). Estimación de biomasa aérea por componente estructural en Zacualtipán, Hidalgo, México. *Agrociencia*, 49(4), 423-438.
- Sullivan, M.J.; Lewis, S.L.; Hubau, W.; Qie, L.; Baker, T.R.; Banin, L.F. & Arets, E. (2018). Field methods for sampling tree height for tropical forest biomass estimation. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(5), 1179-1189.
- TEEB for Local and Regional Policy makers, Chapter 1, page 16-17. Source: MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005) ‘Ecosystems and Human Well-being: Synthesis’, Island Press, Washington DC.
- Ter, S.H; Sabatier, D.; Castellanos, H.; Van Andel, T.; Duivenvoorden, J.; de Oliveira, A. A. & Mori, S. (2000). An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of tropical ecology*, 16(6), 801-828.
- Tigges, J.; Churkina, G. & Lakes, T. (2017). Modeling above-ground carbon storage: a remote sensing approach to derive individual tree species information in urban settings. *Urban Ecosystems*, 20(1), 97-111.
- Timilsina, N.; Ross, M.S. & Heinen, J.T. (2007). A community analysis of sal (*Shorea robusta*) forests in the western Terai of Nepal. *Forest Ecology and Management*, 241(1-3), 223-234.

- Torres, B.; Vasseur, L.; López, R.; Lozano, P.; García, Y.; Arteaga, Y.; Bravo, C.; Barba, C. & García, A. (In press). Structure and above ground biomass along an elevation gradient in an Evergreen Andean Amazon Forest of Napo, Ecuador.
- Unger, M.; Homeier, J. & Leuschner, C. (2012). Effects of soil chemistry on tropical forest biomass and productivity at different elevations in the equatorial Andes. *Oecologia*, 170(1), 263-274.
- ViajandoX. (2016). Amazonía "Pulmón del Planeta" [en línea]. Quito (Ecuador): ViajandoX Consultores. <<http://www.ec.viajandox.com/amazonia-R10>> [consulta: 10/12/2016].
- Wang, X.S.; Piao, P.; Ciais, P.; Friedlingstein, R.B.; Myneni, P.C.; Heimann, J.; Miller, S.; Peng, T.W. (2014). A two-fold increase of carbon cycle sensitivity to tropical temperature variations. *Nature* 506:212-215.
- Wittmann, F.; Zorzi, B.T.; Tizianel, F.A.T.; Urquiza, M.V.S.; Faria, R.R.; Sousa, N.M. & Rosa, A. L. M. (2008). Tree species composition, structure, and aboveground wood biomass of a riparian forest of the lower Miranda River, Southern Pantanal, Brazil. *Folia Geobotanica*, 43(4), 397.
- Wittmann, F.J.; Schöngart, J.C.; Montero, T.; Motzer, W.J.; Junk, M.T.F.; Piedade, H.; Queiroz, L. & Worbes, M. (2006). Tree species composition and diversity gradients in White water forests across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography* 33: 1334-1347.
- Yaguano, C.; Lozano, D.; Neill, D. A. & Asanza, M. (2012). Diversidad florística y estructural del bosque nublado del río Numbala, Zamora – Chinchipe, Ecuador: “El bosque gigante” de Podocarpaceae adyacente al Parque Nacional Podocarpus. *Amazónica. Ciencia y Tecnología* 1(3): 226-247.
- Yepes, A.; Herrera, J.; Phillips, J.; Cabrera, E.; Galindo, G.; Granados, E. & Cardona, M. (2015). Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1).

## CAPÍTULO VI. ANEXOS

**Anexo1:** Composición florística del área de estudio de los 5 transectos del bosque siempreverde piemontano en la zona alta de la microcuenca del río Puyo.

Transecto	Individuos	Nombre científico	Familia	d <sub>1.3</sub>	Altura	
					Ht	Hc
1	1	<i>Inga ilta</i>	Fabaceae	19,43	14	9
1	3	<i>Cecropia ficifolia</i>	Urticaceae	11,15	11	7
1	4	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	32,17	18	10
1	5	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	11,46	12	5
1	6	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	22,29	17	10
1	7	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	10	11
1	8	<i>Miconia dielsii</i>	Melastomataceae	10,19	9	6
1	9	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	20,38	14	19
1	10	<i>Inga ilta</i>	Fabaceae	19,11	16	9
1	11	<i>Miconia dielsii</i>	Melastomataceae	10,19	11	7
1	12	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	14,97	10	5
1	13	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	10,51	8	5
1	14	<i>Cecropia ficifolia</i>	Urticaceae	15,29	12	6
1	15	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	32,80	18	6
1	16	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	25,16	17	8
1	17	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	15,92	9	6
1	18	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	30,25	17	6
1	19	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	16,24	6	3
1	20	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,69	7	6
1	21	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	18,47	13	6
1	22	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	11,46	5	4
1	23	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	63,69	20	8
1	24	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	10,51	9	5
1	25	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	17,52	9	8
1	26	<i>Cecropia membranacea</i>	Urticaceae	27,07	18	14
1	27	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	34,39	18	13
1	28	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	41,08	17	6
1	29	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	35,35	18	14
1	30	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,92	12	11
1	31	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	13,06	10	6
1	32	<i>Laetia procera</i>	Salicaceae	11,46	11	7
1	33	<i>Quararibea cordata</i>	Malvaceae	28,66	12	4
1	34	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	12	11
1	35	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	10,83	9	4
1	36	<i>Aniba hostmanniana</i>	Lauraceae	13,06	13	6
1	37	<i>Inga multinervis</i>	Fabaceae	16,56	14	7
1	39	<i>Pourouma tomentosa</i>	Urticaceae	10,83	11	5
1	40	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	10,19	8	4

1	41	<i>Cecropia ficifolia</i>	Urticaceae	27,71	17	8
1	42	<i>Laetia procera</i>	Salicaceae	15,61	14	10
1	43	<i>Cecropia membranacea</i>	Urticaceae	13,69	14	10
1	45	<i>Aegiphila cordata</i>	Lamiaceae	23,89	15	9
1	46	<i>Duguetia spixiana</i>	Annonaceae	12,74	12	4
1	47	<i>Laetia procera</i>	Salicaceae	12,10	13	9
1	48	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	34,71	18	10
1	49	<i>Ficus paraensis</i>	Moraceae	92,36	20	12
1	50	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	22,29	12	3
1	51	<i>Laetia procera</i>	Salicaceae	11,15	11	7
1	52	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	21,34	15	8
1	53	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	11,15	11	6
1	54	<i>Dacryodes olivifera</i>	Burseraceae	12,10	10	5
1	56	<i>Allophylus floribundus</i>	Sapindaceae	13,38	8	4
1	57	<i>Chimarrhis glabriflora</i>	Rubiaceae	40,13	20	14
1	58	<i>Duguetia spixiana</i>	Annonaceae	13,38	12	4
1	59	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	13,06	9	3
1	60	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,88	9	8
1	61	<i>Pourouma tomentosa</i>	Urticaceae	17,20	15	9
1	62	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	28,34	15	9
1	63	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,01	8	7
1	64	<i>Ocotea cernua</i>	Lauraceae	35,03	16	10
1	65	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,61	12	11
1	66	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	12,74	11	10
1	67	<i>Dacryodes olivifera</i>	Burseraceae	50,00	22	16
1	68	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	45,86	18	12
1	69	<i>Duguetia spixiana</i>	Annonaceae	14,97	13	8
1	70	<i>Nectandra membranacea</i>	Lauraceae	19,43	15	10
1	71	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	12,42	12	7
1	72	<i>Laetia procera</i>	Salicaceae	15,92	12	8
1	73	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	8	7

Transecto	Individuos	Nombre científico	Familia	d <sub>1,3</sub>	Altura	
					Ht	Hc
2	1	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	12	11
2	2	<i>Inga venusta</i>	Fabaceae	25,16	17	10
2	3	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,29	13	12
2	4	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,33	12	11
2	5	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	21,97	18	9
2	6	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,92	11	10
2	8	<i>Inga venusta</i>	Fabaceae	45,86	20	10
2	9	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	17,83	13	8
2	10	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,69	9	8
2	11	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	15,61	12	7
2	12	<i>Guatteria guianensis</i>	Annonaceae	14,97	10	6

2	13	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	27,39	17	9
2	14	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	55,41	20	10
2	15	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	16	15
2	16	<i>Guatteria guianensis</i>	Annonaceae	29,30	14	12
2	17	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,29	14	12
2	19	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	16	14
2	20	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	18,15	12	11
2	21	<i>Cyathea lasiosora</i>	Cyatheaceae	11,15	7	6
2	22	<i>Prunus debilis</i>	Rosaceae	21,02	12	8
2	23	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	12,42	8	7
2	24	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,29	12	11
2	25	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	17,83	11	10
2	26	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	12	11
2	27	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	21,97	14	8
2	28	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,06	12	11
2	29	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	18,79	14	13
2	30	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	20,38	12	9
2	31	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	37,58	20	16
2	32	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,69	11	10
2	33	<i>Tovomitopsis membranacea</i>	Clusiaceae	13,38	10	5
2	35	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	29,94	18	12
2	36	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	16,24	13	7
2	37	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	12,10	11	4
2	38	<i>Cecropia sciadophylla</i>	Urticaceae	16,88	14	9
2	39	<i>Dacryodes olivifera</i>	Burseraceae	18,47	7	5
2	44	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	28,66	17	12
2	45	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,29	13	12
2	46	<i>Ocotea cernua</i>	Lauraceae	12,74	12	9
2	47	<i>Bactris setulosa</i>	Arecaceae	15,29	9	8
2	48	<i>Cecropia ficifolia</i>	Urticaceae	14,01	12	6
2	49	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	35,35	20	12
2	50	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	24,52	18	11
2	51	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	19,11	10	6
2	52	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	14	13
2	55	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	22,93	15	9
2	57	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	12,74	10	6
2	60	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	15,92	9	5
2	61	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	22,61	16	9
2	62	<i>Cecropia ficifolia</i>	Urticaceae	16,56	14	10
2	63	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	13,38	11	5
2	64	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	28,98	17	9

Transecto	Individuos	Nombre científico	Familia	d <sub>1.3</sub>	Altura	
					Ht	Hc
3	1	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	21,66	10	8
3	2	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	11	9
3	3	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	23,57	14	3
3	4	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	10,19	10	9
3	6	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,38	12	11
3	7	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	14,97	11	8
3	8	<i>Ocotea cernua</i>	Lauraceae	29,94	18	9
3	9	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	12	11
3	10	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,97	10	9
3	11	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	21,34	13	6
3	12	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	34,71	15	6
3	13	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,06	6	5
3	14	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	12	10
3	15	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,01	10	9
3	16	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,33	10	9
3	17	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	24,84	14	4
3	18	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,01	12	9
3	19	<i>Ocotea cernua</i>	Lauraceae	23,25	15	10
3	20	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,01	10	9
3	21	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	10,83	10	4
3	22	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	12,42	7	6
3	23	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,01	8	7
3	25	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	15,61	10	5
3	26	<i>Ocotea cernua</i>	Lauraceae	17,52	14	10
3	28	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,33	14	13
3	29	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	29,30	18	10
3	30	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,01	13	12
3	31	<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	21,34	18	9
3	32	<i>Ficus trigona</i>	Moraceae	24,20	10	8
3	33	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	15,61	13	6
3	34	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,29	12	11
3	35	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	11,78	6	5
3	36	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	27,07	16	6
3	37	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	33,44	14	10
3	38	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	17,20	8	7
3	39	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,06	10	9
3	40	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	35,67	20	12
3	41	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	15,29	12	6
3	42	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	11,78	11	6
3	43	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	39,49	18	8
3	44	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	17,20	16	6
3	45	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	27,07	15	12
3	46	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,24	8	7

3	47	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,33	10	8
3	48	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,06	13	12
3	49	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	32,17	17	8
3	50	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,97	14	13
3	51	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	12,10	12	7
3	52	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,97	10	9
3	53	<i>Inga multinervis</i>	Fabaceae	25,80	17	13
3	54	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	32,17	17	12
3	55	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	37,26	18	11
3	56	<i>Inga nobilis</i>	Fabaceae	19,11	16	11
3	57	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	14	13
3	58	<i>Prunus debilis</i>	Rosaceae	26,11	17	10
3	59	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	11	9
3	60	<i>Calyptranthes bipennis</i>	Myrtaceae	15,92	13	4
3	61	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	41,40	20	12
3	62	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	19,11	14	3
3	63	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,06	8	7
3	64	<i>Rollinia chrysocarpa</i>	Annonaceae	22,29	13	8
3	65	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	11	10
3	66	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	21,34	16	7
3	67	<i>Nectandra membranacea</i>	Lauraceae	10,83	12	8
3	68	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	33,12	18	12
3	69	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	27,39	17	10
3	70	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	26,11	17	12
3	73	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	Rutaceae	31,21	17	12
3	74	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	22,93	11	5
3	75	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	31,21	16	5
3	77	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	35,67	20	7
3	78	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,61	12	10
3	79	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,38	11	10
3	80	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	55,41	20	9
3	81	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,01	12	11

Transecto	Individuos	Nombre científico	Familia	d <sub>1.3</sub>	Altura	
					Ht	Hc
4	1	<i>Inga multinervis</i>	Fabaceae	17,83	15	9
4	2	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,97	10	6
4	3	<i>Protium sagotianum</i>	Burseraceae	24,20	13	7
4	4	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,88	14	2
4	5	<i>Cordia panamensis</i>	Boraginaceae	21,66	12	4
4	6	<i>Cordia panamensis</i>	Boraginaceae	19,43	11	6
4	7	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,61	9	8
4	8	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	12,10	6	2
4	9	<i>Cordia panamensis</i>	Boraginaceae	24,20	13	9

4	10	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,29	14	13
4	11	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	11,15	8	4
4	12	<i>Calliandra trinervia</i>	Fabaceae	33,12	15	6
4	13	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,61	9	8
4	14	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,29	10	6
4	15	<i>Cordia panamensis</i>	Boraginaceae	10,51	9	4
4	16	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,92	15	9
4	17	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,61	16	10
4	18	<i>Stryphnodendron porcatum</i>	Fabaceae	37,26	14	10
4	19	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	17,52	16	8
4	20	<i>Tovomitopsis membranacea</i>	Clusiaceae	12,10	8	2
4	21	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	13,38	10	4
4	23	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	6	5
4	24	<i>Sapium marmieri</i>	Euphorbiaceae	22,61	10	7
4	25	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	12	10
4	26	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	35,99	12	2
4	27	<i>Duguetia hadrantha</i>	Annonaceae	37,90	20	10
4	28	<i>Trichilia pallida</i>	Meliaceae	11,78	8	5
4	29	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	17,83	15	10
4	30	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	28,03	18	10
4	31	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	12,74	12	9
4	32	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	12,74	9	5
4	33	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	17,52	15	12
4	35	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	12,74	13	10
4	36	<i>Sterculia colombiana</i>	Malvaceae	15,29	8	5
4	37	<i>Sterculia colombiana</i>	Malvaceae	18,15	10	7
4	38	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,69	10	8
4	39	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,33	12	10
4	40	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,65	14	13
4	42	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	14,97	10	8
4	43	<i>Dacryodes olivifera</i>	Burseraceae	10,51	26	9
4	44	<i>Siparuna poeppigii</i>	Siparunaceae	13,69	12	10
4	45	<i>Bactris setulosa</i>	Arecaceae	10,51	8	7
4	46	<i>Lonchocarpus seorsus</i>	Fabaceae	12,10	12	10
4	47	<i>Bactris setulosa</i>	Arecaceae	13,38	12	6
4	48	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	18,79	6	3
4	49	<i>Unonopsis veneficiorum</i>	Annonaceae	20,38	14	7
4	50	<i>Guarea purusana</i>	Meliaceae	45,22	17	10
4	51	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,33	12	10
4	52	<i>Sloanea meianthera</i>	Elaeocarpaceae	13,69	12	6
4	53	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,97	16	15
4	55	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	17,52	12	8
4	57	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	41,08	17	11
4	58	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	14,33	8	7
4	59	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,69	10	8

4	60	<i>Sapium marmieri</i>	Euphorbiaceae	16,56	14	9
4	61	<i>Guarea kunthiana</i>	Meliaceae	16,24	16	11
4	62	<i>Sterculia colombiana</i>	Malvaceae	14,65	12	10
4	63	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	33,12	17	11
4	64	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	31,53	16	6
4	65	<i>Trichilia pallida</i>	Meliaceae	17,83	10	6

Transecto	Individuos	Nombre científico	Familia	d <sub>1,3</sub>	Altura	
					Ht	Hc
5	1	<i>Pourouma tomentosa</i>	Urticaceae	41,72	12	9
5	4	<i>Sapium glandulosum</i>	Euphorbiaceae	22,93	13	6
5	7	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	24,20	14	10
5	8	<i>Sorocea pubivena</i>	Moraceae	19,11	12	9
5	9	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	19,75	12	5
5	10	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	12	9
5	11	<i>Nectandra cissiflora</i>	Lauraceae	10,51	12	9
5	12	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	11,15	15	7
5	13	<i>Casearia arborea</i>	Salicaceae	26,43	15	6
5	14	<i>Pouteria torta</i>	Sapotaceae	10,00	10	6
5	15	<i>Matisia longiflora</i>	Malvaceae	22,29	10	6
5	16	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	18,47	16	10
5	17	<i>Psychotria cuspidulata</i>	Rubiaceae	10,19	6	1
5	18	<i>Oreopanax palamophyllus</i>	Araliaceae	11,15	12	6
5	19	<i>Duguetia spixiana</i>	Annonaceae	13,06	15	10
5	20	<i>Pourouma tomentosa</i>	Urticaceae	10,00	11	6
5	22	<i>Calliandra trinervia</i>	Fabaceae	19,11	13	6
5	23	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	20,06	15	5
5	24	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	19,11	12	8
5	25	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	23,25	10	5
5	26	<i>Endlicheria sericea</i>	Lauraceae	12,10	9	6
5	27	<i>Piptocoma discolor</i>	Asteraceae	42,36	17	14
5	28	<i>Quararibea cordata</i>	Malvaceae	31,21	8	1
5	29	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	18,15	11	7
5	30	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	Phyllanthaceae	28,66	16	10
5	31	<i>Dacryodes olivifera</i>	Burseraceae	41,72	30	7
5	32	<i>Eschweilera caudiculata</i>	Lecythidaceae	10,00	6	2
5	33	<i>Miconia rivalis</i>	Melastomataceae	10,00	7	3
5	34	<i>Tovomita weddelliana</i>	Clusiaceae	15,29	10	6
5	35	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	17,52	15	8
5	36	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	28,03	18	7
5	37	<i>Dacryodes olivifera</i>	Burseraceae	51,91	27	13
5	38	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	66,88	25	9
5	39	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	18,47	12	8
5	40	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	19,43	8	6

5	41	<i>Miconia rivalis</i>	Melastomataceae	27,07	12	6
5	42	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	12,10	10	6
5	43	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	16,56	11	8
5	44	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	18,15	7	6
5	45	<i>Inga multinervis</i>	Fabaceae	22,93	14	6
5	46	<i>Inga multinervis</i>	Fabaceae	15,29	8	4
5	48	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	54,14	22	8
5	49	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,38	10	6
5	51	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	18,79	92	5
5	52	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	41,40	18	10
5	53	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	18,79	10	6
5	54	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	19,11	13	8
5	55	<i>Miconia rivalis</i>	Melastomataceae	19,43	15	10
5	56	<i>Isertia laevis</i>	Rubiaceae	13,69	7	5
5	57	<i>Miconia rivalis</i>	Melastomataceae	10,19	8	4
5	58	<i>wettinia maynensis</i>	Arecaceae	15,92	14	11
5	59	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	45,54	20	9
5	60	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	19,11	10	6
5	61	<i>Miconia rivalis</i>	Melastomataceae	23,89	12	7
5	62	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	13,38	12	8
5	63	<i>Dacryodes olivifera</i>	Burseraceae	19,11	13	4
5	64	<i>Miconia splendens</i>	Melastomataceae	19,11	14	10
5	65	<i>Miconia rivalis</i>	Melastomataceae	22,93	13	6
5	66	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	18,15	15	12
5	67	<i>Maytenus macrocarpa</i>	Celastraceae	15,29	14	6
5	68	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	50,96	20	5
5	69	<i>Cecropia marginalis</i>	Urticaceae	22,29	18	7
5	70	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	21,97	17	9
5	71	<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae	10,51	8	4
5	72	<i>Inga velutina</i>	Fabaceae	49,04	22	11
5	73	<i>Wettinia maynensis</i>	Arecaceae	18,47	10	4

**Anexo 2:** Índice de valor de importancia ecológica de las especies de todas las parcelas.

<b>Familia</b>	<b>FR</b>	<b>AR</b>	<b>DR</b>	<b>IVIF</b>
Fabaceae	7,25	16,67	4,05	27,96
Euphorbiaceae	7,25	11,11	4,59	22,95
Lauraceae	5,80	8,89	3,06	17,75
Urticaceae	4,35	7,78	3,12	15,25
Arecaceae	7,25	7,78	2,52	17,55
Melastomataceae	7,25	7,78	2,58	17,60
Annonaceae	7,25	6,67	3,30	17,21
Burseraceae	5,80	5,56	4,73	16,08
Malvaceae	4,35	4,44	3,60	12,40

Asteraceae	4,35	3,33	5,34	13,02
Clusiaceae	4,35	3,33	2,26	9,94
Meliaceae	1,45	3,33	3,78	8,56
Moraceae	4,35	3,33	7,51	15,19
Rubiaceae	2,90	3,33	3,54	9,77
Rosaceae	2,90	2,22	3,91	9,03
Salicaceae	2,90	2,22	2,56	7,68
Araliaceae	1,45	1,11	1,85	4,41
Boraginaceae	1,45	1,11	3,14	5,71
Celastraceae	1,45	1,11	2,54	5,10
Cyatheaceae	1,45	1,11	1,85	4,41
Elaeocarpaceae	1,45	1,11	2,27	4,83
Lamiaceae	1,45	1,11	3,96	6,52
Lecythidaceae	1,45	1,11	1,66	4,22
Myrtaceae	1,45	1,11	2,64	5,20
Phyllanthaceae	1,45	1,11	4,76	7,32
Proteaceae	1,45	1,11	3,54	6,10
Rutaceae	1,45	1,11	5,18	7,74
Sapindaceae	1,45	1,11	2,22	4,78
Sapotaceae	1,45	1,11	1,66	4,22
Siparunaceae	1,45	1,11	2,27	4,83
	100	100	100	300

**Anexo 3:** Índice biomasa aérea a nivel Familiar en los cinco transectos.

<b>Familia</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Fabaceae	0,056	7,718	0,030	0,163	0,226
Urticaceae	0,031	0,014			0,058
Lauraceae	0,036	0,691	0,053		0,003
Euphorbiaceae	0,095	0,173	0,591	0,255	0,243
Melastomataceae	0,010	0,033	0,064	0,021	0,078
Annonaceae	0,008	0,046	3,422	0,100	0,833
Arecaceae	0,039	0,157	0,153	0,178	0,093
Asteraceae	0,317	0,352			17,858
Bursaceae	0,082	2,148		0,027	0,149
Lamiaceae	4,219				
Malvaceae	6,779			0,027	0,035
Moraceae	79,81		2,889		2,282
Rubiaceae	16,04				0,004
Salicaceae	0,013				5,956
Sapindaceae	0,888				
Clusiaceae	0,914			0,700	1,469
Cyatheaceae	0,547				
Rosaceae		2,932	5,173		

Proteaceae			3,140		
Myrtaceae			1,410		
Rutaceae			8,205		
Meliaceae				0,158	
Siparunaceae				0,671	
Boraginaceae				0,055	
Elaeocarpaceae				1,228	
Sapotaceae					0,517
Araliaceae					0,563
Phyllanthaceae					6,779
Lecythidaceae					0,576
Celastraceae					1,302

#### Anexo 4: Fotografías de la Fase de Campo del proyecto de investigación



**Fotografía 1:** Equipo de trabajo del proyecto Restauración.



**Fotografía 2:** Georreferenciación del transecto.



**Fotografía 3:** Delimitación del transecto.



**Fotografía 4:** Señalización del transecto.



**Fotografía 5:** Limpieza del árbol.



**Fotografía 6:** Medición del  $d_{1.3}$ .



**Fotografía 7:** Registro de datos.



**Fotografía 8:** Identificación botánica.



**Fotografía 9:** Codificación de árboles.