



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**“Estimación del carbono acumulado en la biomasa  
aérea de una parcela permanente de bosque andino  
en Cajanuma, parque nacional Podocarpus.”**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERÍA FORESTAL

#### **AUTOR:**

Franklin Claudio Cartuche Villa

#### **DIRECTOR:**

Ing. Dario Alfredo Veintimilla Ramos M.Sc.

Loja – Ecuador

2021



Universidad  
Nacional  
de Loja



Loja, 26 de agosto del 2020

**DARIO ALFREDO VEINTIMILLA RAMOS**  
**DOCENTE-INVESTIGADOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**CERTIFICADO:**

En calidad de director de la investigación de tesis titulada: **ESTIMACIÓN DEL CARBONO ACUMULADO EN LA BIOMASA AÉREA DE UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO EN CAJANUMA, PARQUE NACIONAL PODOCARPUS**, de autoría del señor estudiante **FRANKLIN CLAUDIO CARTUCHE VILLA** con cédula de identidad 1104972722.

En tales circunstancias **CERTIFICO que el señor FRANKLIN CLAUDIO CARTUCHE VILLA finalizó** las actividades contempladas en su investigación, previo a mi conocimiento, planificación y autorización.

Certificación que confiero para los fines administrativos pertinentes.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:  
**DARIO ALFREDO**  
**VEINTIMILLA**  
**RAMOS**

**Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos MSc.**  
**DIRECTOR DE TESIS**  
**CI. 1103522346**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES  
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph.D

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS**

**CERTIFICA:**

En nombre del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “**Estimación del carbono acumulado en la biomasa aérea de una parcela permanente de bosque andino en Cajanuma, parque nacional Podocarpus**”, de autoría del señor Egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal **Franklin Claudio Cartuche Villa**, portador de la cédula N° 1104972722, se informa que la misma ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador; y luego de su revisión se ha realizado la respectiva calificación. Por lo tanto, autorizamos la versión final de la tesis y la entrega oficial para la sustentación pública.

Loja, 19 de enero de 2021

Atentamente.,



Firmado electrónicamente por:  
**ZHOFRE HUBERTO  
AGUIRRE MENDOZA**

.....  
Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph.D.

**PRESIDENTE**



.....  
Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep Ph.D

**VOCAL**



Firmado electrónicamente por:  
**LUIS ALFREDO  
YAGUACHE  
ORDONEZ**

.....  
Ing. Luis Alfredo Yaguache Ordoñez Mg.Sc

**VOCAL**

## AUTORÍA

Yo, Franklin Claudio Cartuche Villa, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepo y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:  
FRANKLIN  
CLAUDIO  
CARTUCHE VILLA

**Firma:** .....

**Autor:** Franklin Claudio Cartuche Villa

**Cédula:** 1104972722

Fecha: Loja 19 de enero de 2021

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Franklin Claudio Cartuche Villa, declaro ser autor, de la tesis titulada **“Estimación del carbono acumulado en la biomasa aérea de una parcela permanente de bosque andino en Cajanuma, parque nacional Podocarpus”** como requisito para optar al grado de: Ingeniero Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 19 días del mes de enero de dos mil veintiuno, firma el autor.



Firmado electrónicamente por:  
FRANKLIN  
CLAUDIO  
CARTUCHE VILLA

Firma:.....

Autor: Franklin Claudio Cartuche Villa

Número de cédula: 1104972722

Dirección: Ciudad Victorial, Jaime Hurtado y Tiradentes

Correo electrónico: fccartuchev@unl.edu.ec

Teléfono: 2326259

Celular: +593967021226

### DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Ing. Dario Alfredo Veintimilla Ramos Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph.D

Ing. Luis Alfredo Yaguache Ordoñez Mg. Sc.

Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep Ph.D

Presidente

Vocal

Vocal

## **AGRADECIMIENTO**

*Al finalizar este trabajo de investigación quiero expresar mis sinceros agradecimientos a todos aquellos que permitieron el desarrollo y elaboración de esta investigación.*

*Gracias a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a la Carrera de Ingeniería Forestal y principalmente a sus docentes, por haber impartido sus conocimientos a lo largo de toda nuestra formación profesional.*

*Al Ing. Darío Veintimilla por su asesoramiento y guía en la elaboración del presente trabajo, por haberme brindado su apoyo y Amistad, por brindar su conocimiento y la ayuda que prestó en todas las fases de elaboración de este trabajo y la revisión del mismo.*

*Al Ing. Jaime Peña por su colaboración para llevar a cabo el presente trabajo, por mediar la colaboración de la Fundación de Investigación Alemana, por su ayuda tanto en la fase de campo y asesoramiento técnico para realizar el trabajo y análisis de información; además de las sugerencias que emitió para esta investigación*

*Agradezco a la Fundación de Investigación Alemana y al Dr. Jürgen Hommer, por permitirme efectuar la presente investigación, por el apoyo en la fase de campo, el transporte y toda la información que facilitó la realización el análisis de información y resultados.*

*A todos los compañeros que me prestaron su ayuda para la recopilación de información en la fase de campo de esta investigación.*

*Al equipo técnico del laboratorio de Suelos de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la UNL.*

***Franklin Claudio Cartuche Villa***

## **DEDICATORIA**

*A mis Padres y familiares, quienes de una u otra forma intervinieron en mi formación la cual me permitió llegar hasta aquí, a Mayela María Villa Jaramillo mi madre una gran amiga y el primer ejemplo a seguir, quien luchó con vehemencia día a día para procurar nuestro bienestar, quien me dio ejemplo de rectitud, honestidad y fortaleza, lo cual me permitió salir adelante cada día y superar cualquier tropiezo, sin quien no hubiera llegado hasta este momento, a mis hermanos David y Valeria que evidenciaron mi crecimiento, mis proezas y fracasos; además de ser una fuente de inspiración para caminar en el sendero de la vida.*

*A Adriana persona que admiro y me es fuente de inspiración, quien me ha apoyado y ha compartido mis buenos y malos momentos, de quien he aprendido muchas cosas y ha sido una de mis mejores amigas.*

*A todos los amigos, de quienes aprendí, me dieron consejo, y aquellos que brindaron una mano cuando la necesité, sin interés alguno, motivados por propia bondad que en ellos radica.*

*A los maestros que inculcaron en mí el deseo de conocimiento, que fueron ejemplo de dedicación y amor al trabajo.*

***Franklin Claudio Cartuche Villa***

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b> .....	I
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	II
<b>APROBACIÓN</b> .....	III
<b>AUTORÍA</b> .....	IV
<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b> .....	V
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	VI
<b>DEDICATORIA</b> .....	VII
<b>RESUMEN</b> .....	XIV
<b>ABSTRACT</b> .....	XV
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Bosques Montanos de los Andes Tropicales .....	4
2.2. Importancia de los Bosques Montanos tropicales.....	4
2.3. Servicios ecosistémicos .....	4
2.4. Servicios ecosistémicos que prestan los ecosistemas Forestales .....	5
2.5. Los bosques y su importancia en el almacenamiento y captura de carbono.....	5
2.6. Dióxido de Carbono .....	6
2.7. Dióxido de carbono y el efecto invernadero.....	7
2.8. Ciclo del Carbono.....	7
2.9. Biomasa .....	8
2.9.1. <i>Biomasa Forestal</i> .....	8
2.9.1.1. <i>Biomasa Aérea</i> .....	9
2.10. Métodos para la determinación de biomasa Aérea .....	9
2.10.1. <i>Métodos directos</i> .....	9
2.10.2 <i>Métodos indirectos:</i> .....	9
2.11. Modelos alométricos .....	10
2.12. Estudios similares para determinar biomasa y carbono en bosques montanos	10
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
3.1. Área de estudio .....	13
3.2. Descripción ecológica del área de estudio.....	13
3.3. Características de la parcela permanente e instalación de parcelas temporales	14
3.4. Recopilación de datos .....	15



3.4.1.	<i>Componente Arbóreo</i> .....	15
3.4.2.	<i>Componente arbustivo y herbáceo</i> .....	17
3.5.	Estimación del carbono acumulado en el componente arbóreo .....	18
3.5.1.	<i>Cálculo de la biomasa acumulado en el estrato arbóreo</i> .....	18
3.5.2.	<i>Cálculo de Carbono acumulado en la biomasa Arbórea</i> .....	19
3.5.3.	<i>Cálculo de la biomasa del estrato arbustivo</i> .....	19
3.5.4.	<i>Cálculo de la biomasa en el estrato herbáceo</i> .....	20
3.5.5.	<i>Cálculo de la biomasa de Rhipidocladum harmonicum (Parodi) McClure</i> .....	20
3.5.6.	<i>Cálculo de carbono acumulado en la biomasa de los estratos arbustivo, herbáceo y bambú</i> .....	21
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>22</b>
4.1.	Carbono acumulado en el estrato arbóreo .....	22
4.2.	Carbono acumulado en el estrato arbustivo y herbáceo.....	27
4.3.	Biomasa y carbono total en la parcela permanente de una hectárea para cada componente: arbóreo, arbustivo y herbáceo.....	28
<b>5.</b>	<b>DISCUSIONES</b> .....	<b>29</b>
5.1.	Carbono almacenado en la biomasa aérea .....	29
5.2.	Carbono y biomasa en el estrato arbóreo.....	29
5.3.	Carbono almacenado en la biomasa de los componentes arbustivo y herbáceo	31
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>34</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>35</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>41</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formato de hoja de registro de campo para arboles.....	15
Tabla 2. Formato para recopilación de datos para arbustos y hierbas.....	17
Tabla 3. Valores de biomasa y carbono de la parcela permanente de bosque andino ....	22
Tabla 4. Captura de carbono promedio por especies y clase diamétrica (10-20 cm) de 20 especies representativas del bosque andino del PNP .....	25
Tabla 5. Captura de carbono promedio por especies y clase diamétrica (20-30 cm) de 15 especies representativas del bosque andino del PNP .....	26
Tabla 6. Captura de carbono por especies y clase diamétrica (30-40).....	26
Tabla 7. Biomasa y carbono de helechos arbóreos en el bosque de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus.....	27
Tabla 8. Biomasa y carbono en el estrato arbustivo y herbáceo de la parcela permanente de Cajanuma, PNP .....	28
Tabla 9. Valores de carbono y biomasa total de la parcela permanente de 1ha.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la parcela permanente de muestreo en el sector Cajanuma, dentro del PNP, cantón y provincia de Loja. ....	13
Figura 2. Distribución de las parcelas de muestreo en la PPM del bosque andino de Cajanuma, PNP .....	14
Figura 3. Instalación de parcelas temporales para arbustos y hierbas.....	15
Figura 4. Recopilación y registro de datos de altura con hipsómetro Vertex .....	16
Figura 5. Cuadrantes de 400 m <sup>2</sup> , seleccionadas al azar dentro de la parcela de 1 ha para registro de datos de altura depara arboles.....	17
Figura 6. Muestras de hierbas y arbustos para cálculo de biomasa y carbono.....	18
Figura 7. Registro de peso y secado de muestras de arbustos y hierbas .....	20
Figura 8. Contenido de carbono almacenado en la biomasa y su relación con el número de individuos de las 15 especies con mayor acumulación de carbono. ....	23
Figura 9. Carbono promedio y número de individuos de las 15 especies con mayor capacidad de almacenamiento de carbono.....	24

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Densidades para casos en los que hubo vacíos de información.....	41
Anexo 2. Densidades usadas para estimar la biomasa de las especies de arboles .....	42
Anexo 3. Cálculo biomasa para hierbas y arbustos.....	44
Anexo 4. Cálculo de biomasa para <i>Rhipidocladum harmonicum</i> (Parodi) McClure.....	45
Anexo 5. Biomasa y carbono por especies para el estrato arbóreo. ....	46

**ESTIMACIÓN DEL CARBONO ACUMULADO EN LA BIOMASA AÉREA DE  
UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO EN CAJANUMA,  
PARQUE NACIONAL PODOCARPUS**

## RESUMEN

Los bosques andinos son importantes principalmente por su papel como fuente de bienes y servicios ecosistémicos, siendo la capacidad de almacenamiento de carbono (CO<sub>2</sub>) uno de los de mayor relevancia en los últimos tiempos, en función de la mitigación de los efectos del Cambio Climático. Esta investigación tuvo como objeto determinar el contenido de biomasa aérea y estimar el carbono fijado en una parcela permanente de bosque andino del sector Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus, provincia de Loja. El estudio se realizó en una parcela permanente de 1 hectárea (100 m x 100 m) dividida en 25 subparcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m) donde se midió el diámetro y altura de todos los árboles con DAP  $\geq$  10 cm; se estimó la cantidad de biomasa de cada árbol mediante el uso de una ecuación alométrica que usa altura, diámetro y densidad de madera. Para los estratos arbustivo y herbáceo se utilizó el método destructivo tomando muestras de la vegetación (arbustiva y herbácea) en 20 parcelas de 4 m<sup>2</sup> colocadas alrededor de la parcela de 1 ha, de las cuales se registró el peso en verde y luego se secaron en una estufa a 60°C para mediante la relación peso verde-peso seco estimar el contenido de biomasa. En el caso *Rhipidocladum harmonicum*, que es un elemento florístico abundante en este ecosistema se estimó la biomasa promedio de un tallo relacionando el peso verde-peso seco de 30 tallos de esta especie. Para estimar el contenido de carbono se multiplicó la biomasa estimada de cada estrato por 0,5. El contenido de carbono estimado para el estrato arbóreo con un registro de 1506 individuos  $\geq$  10 cm de DAP fue de 70,86 Mg ha<sup>-1</sup>; para el estrato arbustivo el contenido de carbono estimado fue de 6,08 Mg ha<sup>-1</sup>; para el estrato herbáceo el estimado de carbono fue de 0,09 Mg ha<sup>-1</sup> dando un total de carbono fijado en la parcela de 77,02 Mg. Se determinó que en 1 ha de bosque andino los árboles capturan un 92 % del carbono total, los arbustos un 7,89 % representado principalmente por *Rhipidocladum harmonicum* y las hierbas 0,11% esto en cuanto a biomasa aérea, sin embargo, se necesita de investigación de contenido de carbono para otros elementos florísticos como lianas, epífitas, así como también la necromasa del bosque, lo cual se puede incluir en estudios futuros.

**Palabras Clave:** bosque andino, carbono, biomasa, servicios ecosistémicos.

## ABSTRACT

Andean forests are important mainly because of their role as a source of ecosystem goods and services, being the carbon storage capacity (CO<sub>2</sub>) one of the most important in recent times, in terms of mitigating the effects of Climate Change. This research provided information on the carbon storage capacity of Andean forests, fulfilling the objectives of determining the above-ground biomass content and estimating the fixed carbon in a permanent plot of Andean forest in the Cajanuma sector, Podocarpus National Park, Loja province. The study was carried out in a permanent plot of 1 hectare (100 m x 100 m) divided into 25 subplots of 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m); the diameter and height of all trees with DBH  $\geq$  10 cm were measured; The amount of biomass of each tree was estimated by using an equation that relates height, diameter and density of wood. For the shrub and herbaceous strata, the destructive method was used, taking samples of the vegetation (shrub and herbaceous) in 20 plots of 4 m<sup>2</sup> placed around the 1 ha plot, which were weighed in green and then dried in an oven at 60 ° C to estimate the biomass content through the green weight-dry weight ratio. In the case of *Rhipidocladum harmonicum*, which is an abundant floristic element in this ecosystem, the average biomass of a stem was estimated by relating the green weight-dry weight of 30 stems of this species. To estimate the carbon content, the estimated biomass of each stratum was multiplied by 0.5. The results showed that the estimated carbon content for the tree stratum with a record of 1506 individuals  $\geq$  10 cm DBH was 70.86 Mg ha<sup>-1</sup>; for the shrub stratum the estimated carbon content was 6.08 Mg ha<sup>-1</sup>; for the herbaceous stratum, the carbon estimate was 0.09 Mg ha<sup>-1</sup>, giving a total carbon fixed in the plot of 77.02 Mg. It was determined that in 1 ha of Andean forest the trees capture 92% of the total carbon, the shrubs 7.89% represented mainly by *Rhipidocladum harmonicum* and the herbs 0.11% this in terms of aerial biomass, however, it is necessary Carbon content research for other floristic elements such as lianas, epiphytes, as well as forest necromass, which can be included in future studies.

**Key Words:** Andean forest, carbon, biomass, ecosystem services.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es considerado un problema global de importancia, ya que, en la actualidad, sus efectos son evidentes y drásticos. De acuerdo con Greenpeace (2018) y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2019), en el periodo 1880-2017 se dio un incremento de temperatura, por efecto del aumento de gases de efecto invernadero, de 1°C, con un ritmo de 0,2°C por década, que a su vez causó una disminución de las capas de nieve y hielo, y con ello el aumento del nivel de los océanos. A escala regional, los efectos del cambio climático se pueden detectar a partir de variaciones de las precipitaciones y de fenómenos meteorológicos extremos como, por ejemplo, sequías e inundaciones (Useros, 2012).

El incremento del efecto del cambio climático es originado por diversos factores, entre ellos, las actividades que generan un incremento en la concentración de ciertos gases llamados “gases de efecto invernadero” (GEI), que son emitidos hacia la atmósfera (Arce, 2013). Tal es el caso del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es uno de los principales gases traza de la atmósfera, el gas carbónico más abundante y el principal gas de efecto invernadero (Alcantara y Padilla, 2005). Este gas es una molécula formada por dos átomos de oxígeno y un átomo de carbono, es denominado como un GEI por que al formar parte de la atmósfera atrapa la energía del sol y mantiene al mundo a una temperatura habitable. El aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> da lugar a la intensificación del efecto invernadero y el cambio climático resultante (FAO, 2017).

De acuerdo con la FAO (2006), el cambio climático y los bosques están íntimamente ligados; por una parte, los cambios que se producen en el clima mundial están afectando a los bosques, debido a factores como la elevación de las temperaturas medias anuales, la modificación de los regímenes de precipitación, y la presencia cada vez más frecuente de fenómenos climáticos extremos. Por otra parte, los bosques atrapan y almacenan CO<sub>2</sub>, con lo cual contribuyen considerablemente a mitigar los efectos negativos del cambio climático.

En este sentido, la FAO (2002) sugiere que una de las mejores estrategias frente a la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera es mejorar la función de los bosques como sumideros de carbono. Al respecto, Bosques Andinos (2019) señala que si se reconoce el rol de los bosques, tanto como reservorios de carbono, como por su potencial de captura de gases de efecto invernadero, ello contribuiría a mitigar el efecto del cambio climático, por lo que es importante que se considere y reconozca esa doble función de los



bosques cuando se definen estrategias de conservación y manejo sostenible. Cabe destacar que los bosques cumplen una función transcendental en el almacenamiento y balance del carbono atmosférico, ya que ellos pueden llegar a acumular entre 20 y 40 toneladas de carbono por hectárea, lo que los convierte en sumideros muy importantes (Cuesta et al., 2012). El carbono es almacenado en la biomasa aérea y en la materia orgánica del suelo, lo que ayuda con el ciclo del CO<sub>2</sub> (Ibrahim et al., 2007). El fuste de un árbol es la parte donde se almacena la mayor cantidad de carbono, ya que aproximadamente el 84 % corresponde a biomasa, de la cual el 46 % es carbono (Avendaño et al., 2009).

Los bosques andinos de Ecuador se cuentan entre los ecosistemas más diversos del mundo ya que forman parte del hotspot de los Andes Tropicales, que los convierten en prioridades globales de conservación y manejo sostenible de la biodiversidad, con lo que se asegura su capacidad de proveer bienes y servicios ecosistémicos (Myers, Mittermeier, Mittermeier, Fonseca y Kent, 2000; Tejedor et al., 2012), entre los servicios que se destacan consta la captura y almacenamiento de carbono atmosférico.

A pesar de la importancia de los bosques andinos, en Ecuador existen vacíos de información sobre estos bosques, por un lado, al ser ambientes extremadamente complejos y diversos, ha dificultado el estudio de las plantas allí presentes, muchas de las cuales podrían estar en un estado incipiente de conocimiento taxonómico (Cuesta et al., 2012), y ello a su vez también dificulta estudiar el funcionamiento de estos bosques de una manera integral. Por otro lado, los bosques andinos son uno de los ecosistemas más amenazado de los tropicos como consecuencia principalmente de las altas tasas de deforestación y degradación debida a la expansión de tierras agropecuarias y a la extracción de madera (Tejedor et al., 2012), actividades que han llevado a la destrucción de grandes extensiones de estos bosques y, como consecuencia de ello, no se ha podido conocer el estado original de estos ecosistemas.

Los incendios forestales se incluyen tambien entre las principales amenazas a las que están sometidos los bosques andinos en las ultimas decadas (Tejedor et al., 2012). En este sentido, es importante destacar que un incendio forestal, tiene graves repercusiones en un ecosistema, ya que no solo causa destrucción directa sobre la diversidad biológica, sino que tambien al ser consumida la biomasa forestal se libera el carbono contenido y ello contribuye al calentamiento global (Nasi, Dennis, Meijaard, Applegate y Moore, 2001).

Por consecuencia, es necesario dirigir esfuerzos para estimar el contenido de carbono en estos reservorios, y para conocer los factores que determinan su dinámica y almacenamiento, tal como lo sugieren Montaña et al. (2016), ya que para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático es imprescindible, conocer la dinámica del carbono en los ecosistemas forestales y, las modificaciones que el cambio de uso de suelo provoca en el flujo de carbono. El primer paso para lograr este objetivo es contar con la información básica sobre la acumulación de carbono contenido en los distintos componentes del ecosistema.

Sobre la base de estos antecedentes, y ante la necesidad de conocer los contenidos de carbono en los diferentes almacenes de un ecosistema debido al vacío de información, en esta investigación, se propuso la pregunta de investigación: ¿qué cantidad de carbono se acumula en la biomasa de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo del bosque andino de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus? Para responder esta interrogante la investigación se realizó en una de las parcelas permanentes de 1 hectárea del bosque andino dentro del Parque Nacional Podocarpus, para lo cual se plantearon los objetivos:

Objetivo general:

Estimar la cantidad de carbono acumulado en la biomasa aérea de una parcela permanente del ecosistema de bosque Andino, en el Parque Nacional Podocarpus

Objetivos específicos

- Estimar el carbono acumulado en el estrato arbóreo de una parcela permanente de muestreo en Cajanuma Parque Nacional Podocarpus
- Estimar el carbono acumulado en los estratos arbustivo y herbáceo de una parcela permanente de muestro en Cajanuma Parque Nacional Podocarpus

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Bosques Montanos de los Andes Tropicales**

Los bosques tropicales son los ecosistemas terrestres más biodiversos y productivos de la Tierra. Especialmente los Andes orientales son uno de los «puntos calientes» de biodiversidad (Myers et al., 2000; Brandom, 2014). El clima local y la altitud determina la variación de los bosques tropicales, habiendo así bosques de hoja perenne y semi-perenne con vegetación exuberante, hasta bosques de pantanos de turba hasta semi-caducifolios y bosques caducifolios (Brandom, 2014). Los bosques montanos tropicales que forman parte de los Andes Tropicales son sitios con una alta diversidad de hábitats y especies, estos ecosistemas son producto de complejos gradientes espaciales y ambientales (Tejedor et al., 2012).

### **2.2. Importancia de los Bosques Montanos tropicales**

Los bosques montanos tropicales son una prioridad de conservación ya que tienen un alto grado de endemismo, así como una gran riqueza biológica; sin embargo, su biodiversidad es de las menos conocidas de toda la región tropical, aunque se reconoce la amplia gama de servicios ambientales que prestan, incluyendo la regulación del clima regional, la estabilización del clima, el almacenamiento de carbono, la protección de la función hidrológica y la conservación de la biodiversidad y la captura y almacenamiento de carbono (Brandom, 2014). Es esta cantidad de bienes y servicios ambientales lo que los convierte en ecosistemas importantes tanto para el desenvolvimiento de la vida como para el desarrollo sostenible de la sociedad (Pérez, Locatelli, Vignola e Imbach, 2008). Su función como almacenes naturales de carbono, resulta algo de vital importancia ante los efectos del cambio climático en la actualidad, ya que esta función puede servir como estrategia para la mitigación tales efectos.

### **2.3. Servicios ecosistémicos**

La Comisión Europea (2010) y Pacha (2014) definen a los servicios ecosistémicos como los beneficios directos que los seres humanos reciben de los ecosistemas para vivir y realizar las actividades productivas encaminadas a la satisfacción de necesidades. Estos son generados directamente por la naturaleza e inciden directamente en la protección y mejoramiento tanto del propio bosque como de los seres vivos que se beneficien de ellos (Franquis e Infante, 2003).

Los principales servicios ambientales son la protección de cuencas hidrográficas, la conservación de la biodiversidad y el secuestro de carbono, uso recreacional de los bosques y su contribución a la belleza escénica.

Se los clasifica en cuatro tipos diferentes, todos ellos vitales para la salud y el bienestar de los seres humanos:

- **Servicios de aprovisionamiento.** - productos obtenidos de los ecosistemas como alimentos, madera, agua, fibras, bioquímicos y recursos genéticos.
- **Servicios de regulación.** - beneficios obtenidos de la regulación de procesos de los ecosistemas como regulación del clima, regulación de enfermedades, regulación y saneamiento del agua y polinización.
- **Servicios culturales.** - beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas como espiritual y religioso, recreativo y turístico, estético, inspirativo, educativo, identidad del sitio y herencia cultural.
- **Servicios de soporte.** - servicios necesarios para la producción de otros servicios de los ecosistemas como: la formación del suelo, la fotosíntesis y el ciclo de los nutrientes, que son el sustento del crecimiento y la producción.

Se puede mencionar entre otros beneficios: la producción de alimentos, agua, combustible y madera; servicios como regulación del régimen hídrico, la purificación del aire, el reciclado natural de los residuos, protección del suelo, suministro de oxígeno, la polinización y los mecanismos reguladores de la naturaleza (Unión Europea, 2010).

#### **2.4. Servicios ecosistémicos que prestan los ecosistemas Forestales**

Según Marena (2000), los ecosistemas forestales ofrecen a la sociedad una serie de bienes y servicios, los cuales tienen un valor tanto tangible como intangible. Algunos de los servicios que brinda el bosque y las plantaciones forestales y que inciden directamente en la protección y el mejoramiento del medio ambiente son los siguientes: mitigación de emisiones de gases con efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción), protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de biodiversidad y suelos para conservarlos y hacer uso sostenible de los mismos, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas, forma de vida y belleza escénica natural para fines turísticos.

#### **2.5. Los bosques y su importancia en el almacenamiento y captura de carbono**

FAO (2006) menciona que los combustibles fósiles liberan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al quemarse e incrementan la presencia de este gas en la atmósfera que, a su vez, contribuye

al calentamiento del planeta y el cambio climático (Ávila, Jiménez, Beer, Gómez e Ibrahim, 2001) coinciden en que el CO<sub>2</sub> es el gas que ms contribuye al calentamiento global. Ávila et al. (2001) y la FAO (2002) mencionan que una forma de mitigar los efectos de CO<sub>2</sub> es el almacenamiento tanto en la biomasa de los árboles ya que estos pueden absorber el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y convertirlo, a través de la fotosíntesis, en carbono que "almacenan" en forma de madera y vegetación, y también en el suelo a través de la acumulación de materia orgánica, todo este proceso se denomina fijación del carbono. FAO (2006) menciona al conjunto de la biomasa forestal funciona como "sumidero de carbono". En consecuencia, los bosques almacenan enormes cantidades de carbono. En total, los bosques del planeta y sus suelos actualmente almacenan más de un billón de toneladas de carbono, el doble de la cantidad que flota libre en la atmósfera, según estudios de la FAO. La destrucción de los bosques, por otra parte, libera en la atmósfera unos seis mil millones de toneladas de bióxido de carbono al año, y para el equilibrio de este elemento, así como para la conservación del medio ambiente, es importante evitar que escape este carbono almacenado (Vargas y Yáñez, 2004; FAO, 2006; Pardos, 2010).

Cielsa (1996), manifiesta que el secuestro de carbono mediante los bosques se ha convertido en un servicio ambiental reconocido a escala global, que puede tener un valor económico considerable para países en vías de desarrollo. Esto es debido a la preocupación creciente por los cambios climáticos y su impacto en la actividad humana y en los recursos naturales, causado por los gases provenientes de procesos industriales, la actividad agrícola, el uso de combustibles fósiles y la deforestación, que son responsables de la mayor parte de estas alteraciones climáticas; entre ellos, el CO<sub>2</sub>, es uno de los más abundantes, con efecto invernadero en la atmósfera.

## **2.6. Dióxido de Carbono**

El dióxido de carbono es uno de los gases traza (gases que se encuentran en una proporción inferior a 1 %: todos excepto oxígeno y nitrógeno) más comunes e importantes en el sistema Atmósfera-Océano-Tierra. Dentro del ciclo natural del carbono, el CO<sub>2</sub> juega un rol principal en un gran número de procesos biológicos; es el más importante gas de efecto invernadero GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global, después del vapor de agua; este gas tiene fuentes antropogénicas y naturales. En relación a las actividades humanas, el CO<sub>2</sub> se emite principalmente por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados

y gas natural) y leña para generar energía, por la tala y quema de bosques (Benavides y León, 2007). De forma natural el CO<sub>2</sub> ha sido un componente muy importante de la atmosfera desde hace miles de millones de años, el cual junto con el vapor de agua se ocupa de crear un efecto invernadero sobre la tierra, una especie de tapa que impide que desaparezca el calor de la superficie y que la Tierra se enfríe, actúa a tal punto que si este no existiera la superficie del planeta fuera 33°C más fría (Martinez y Fernández, 2004).

## **2.7. Dióxido de carbono y el efecto invernadero**

Jiménez (2001) menciona que: “en los últimos años se ha evidenciado un aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, debido principalmente a los países desarrollados” (Estados Unidos, China Japón, Alemania entre otros), los cuales poseen un alto desarrollo industrial lo que conlleva una elevada emisión de gases contaminantes. El aumento de CO<sub>2</sub> conjuntamente con otros gases de efecto invernadero en la atmósfera ha dado un cambio radical en la temperatura del planeta.

El efecto invernadero es un proceso natural por el cual los gases que están presentes en la atmosfera “atrapan” la radiación de la Tierra, que, a su vez, remite al espacio esta emisión de la tierra es producto del calentamiento de su superficie por la radiación solar. Así, el efecto invernadero hace que la temperatura media de la tierra sea aproximadamente 14°C más alta de lo que sería si no se produjera este fenómeno (PNUMA, 2005).

## **2.8. Ciclo del Carbono**

El ciclo del carbono es un ciclo biogeoquímico donde el carbono sufre distintas transformaciones a lo largo del tiempo, este ciclo juega un papel importante en la regulación del clima del planeta. Este elemento se encuentra depositado en todas las esferas del sistema global en diferentes formas: en la atmósfera como dióxido de carbono, metano y otros componentes; en la hidrosfera, en forma de dióxido de carbono disuelto en el agua; en la litósfera, en las rocas y en depósitos de carbón, petróleo y gas; en la biosfera, en los carbohidratos; en la antroposfera, en diferentes formas en los objetos creados por la sociedad. El carbono circula entre la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la litosfera por medio de la interacción en diferentes procesos que demoran algunas horas, días, meses y estaciones hasta aquellos que tardan largos periodos geológicos (Benavides y León, 2007)

La cantidad de carbono que se fija en la estructura del suelo depende de la entrada y la salida de la materia orgánica. La vegetación fija carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis. Parte del carbono fijado es devuelto a la atmosfera mediante la respiración,

convirtiéndose en dióxido de carbono. La materia orgánica en la tierra retornará a la atmósfera como dióxido de carbono, o se acumulará en el perfil del suelo. Los procesos más importantes en el ciclo del carbono en particular son la producción de biomasa, la descomposición de basura y la acumulación de materia orgánica en el perfil del suelo. La proporción de la biomasa que se acumula está determinada por la cantidad de carbono fijado durante la totalidad de la fotosíntesis y en la proporción en la que el carbono se devuelve a la atmósfera a través de la respiración durante la construcción y mantenimiento del tejido (follaje, ramas, raíces y tronco). La biomasa se incrementará rápidamente durante la primera fase del desarrollo del ecosistema hasta alcanzar el estado máximo (clímax) (Ayala y Villa, 2013).

## **2.9. Biomasa**

La biomasa es toda materia proveniente de compuestos orgánicos como árboles y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía. Se constituye en la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano. Además, es un tipo de energía renovable que puede suplir un porcentaje significativo de los requerimientos energéticos mundiales y, al mismo tiempo, revitalizar las economías rurales, proveyendo energía en forma independiente y segura y logrando importantes beneficios ambientales. (FOCER, 2002).

Benítez, Vidal, Rivero y Rodríguez (2006), define a la biomasa como la cantidad total de materia viva presente en un sistema biológico, por lo general se expresa en unidades de peso seco por unidad de superficie. También se la reconoce como el conjunto de materia orgánica de origen animal o vegetal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial.

### **2.9.1. Biomasa Forestal**

Es el peso de materia orgánica existente en los diferentes ecosistemas forestales, sobre el suelo y debajo del suelo, esta materia es originada o resultante del proceso fotosintético realizado por las plantas a partir de CO<sub>2</sub> y luz solar principalmente, para obtener elementos nutritivos del medio. Generalmente se la cuantifica en toneladas por hectárea de peso verde o seco (Schlegel, Gayoso y Guerra, 2002; Gómez y Vergara, 2007).

La biomasa forestal se puede clasificar en:

Natural: Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana, y que se puede aprovechar como fuente energética; como por ejemplo los troncos, hojas, ramas, frutos.

Residual Seca: Son los residuos que se generan en las actividades forestales o en la industria maderera y que todavía pueden ser utilizados y considerados subproductos. Como ejemplo podemos considerar el aserrín, la cáscara de almendra, las podas de frutales.

#### **2.9.1.1. Biomasa Aérea**

La biomasa aérea es la fracción biodegradable, disponible principalmente en los elementos florísticos que integran el ecosistema. Se reconoce como la materia vegetal que se encuentra por encima del suelo, es decir, el material vegetal de los árboles, arbustos y hierbas, incluyendo fustes, corteza, ramas, hojas, semillas y flores, desde la superficie del suelo hasta la copa del árbol (Cofre, 2016).

### **2.10. Métodos para la determinación de biomasa Aérea**

Para estimar la biomasa aérea de los bosques se usan generalmente dos métodos: métodos directos destructivos y métodos indirectos que realizan simulaciones a partir de información básica de inventarios y de imágenes satelitales. Los métodos destructivos consisten en remover toda la cobertura boscosa pesando directamente cada componente (Álvarez, 2008; Segura y Andrade, 2008).

#### **2.10.1. Métodos directos**

Simplemente consiste en cortar un árbol y determinar el contenido de biomasa pesando directamente cada uno de sus componentes: fuste, ramas, hojas (Araujo, Higuchi y Carvalho, 1999).

#### **2.10.2. Métodos indirectos:**

Métodos en los cuales se obtiene el valor estimado de biomasa haciendo uso de ecuaciones alométricas y modelos matemáticos, evitando la necesidad de derribar o dañar la vegetación, relacionando la biomasa del árbol con sus dimensiones en pie (Acosta et al., 2002).

También se aplica un **método por sensores remotos**, donde se estudia la superficie terrestre a través de imágenes satelitales que registran su comportamiento a través de diferentes regiones del espectro electromagnético, con lo que se obtiene datos espacialmente contiguos entre sí y distribuidos en extensas áreas geográficas, con lo cual



se permite o se confiere la capacidad de detectar, reconocer e identificar coberturas de suelo, así como medir numerosas propiedades biofísicas y bioquímicas asociadas a ellas, ofreciendo ventajas en comparación con métodos in situ, que muchas veces requieren de mediciones en terreno que pueden resultar prohibitivas a amplias escalas, debido a limitantes de accesibilidad, tiempo y recursos (Álvarez, 2008).

### **2.11. Modelos alométricos**

Un modelo alométrico es una relación matemática que permite estimar una variable (volumen o biomasa) con base a una o más variables independientes (DAP, altura), se establecen mediante el análisis de la regresión entre datos del peso seco de los componentes arbóreos y atributos morfológicos como diámetro normal, área basal y altura. Dependiendo del número de variables independientes (datos dimensionales) la ecuación puede ser una regresión lineal simple (una única variable, ej. DAP) o una regresión lineal múltiple (más de dos variables, ej. DAP, altura total). Dependiendo de las circunstancias las ecuaciones pueden ser lineales o no lineales (Myers et al., 2000).

Las variables independientes más utilizadas son el DAP y la altura total. Algunas ecuaciones también consideran como variables independientes la altura comercial, volumen, densidad de la madera, entre otras (Álvarez, 2008).

Uno de los modelos que más conocidos es el desarrollado por Brown (1997), el cual puede aplicarse en los bosques densos, secundarios o maduros (correspondiente a climas húmedos y semiáridos). La biomasa se estima a través de ecuación:

$$BA = VC * D * FEB$$

Dónde:

BA = Biomasa aérea (t/ha)

VC = Volumen comercial (m<sup>3</sup>)

D = Densidad básica de la madera (t/m<sup>3</sup>)

FEB = Factor de expansión de la biomasa.

### **2.12. Estudios similares para determinar biomasa y carbono en bosques montanos**

Los estudios realizados para determinar contenido de biomasa y carbono en bosques montanos han sido diversos, pero hay que tener en cuenta que cada ecosistema de bosque

montano es diferente y hablando específicamente de bosques montanos andinos o bosques húmedos, la cantidad de estudios realizados en estos sitios específicamente son más limitados, se pueden mencionar los siguientes:

Aguirre, Quizhpe y Pinza (2018) realizaron una investigación en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, en Loja, Ecuador, este es considerado un bosque andino, con intervención antrópica la cual tuvo como objetivo determinar composición florística y estimar el carbono acumulado en estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo y necromasa, para lo cual midieron los árboles con un DAP superior a 5 cm en una parcela de una hectárea dividida en 25 subparcelas de 20 m x 20 m, para los arbustos instalaron 9 parcelas de 5 x 5 m y 9 parcelas de 1 m x 1 m para hierbas, donde obtuvieron un valor total de carbono fijado entre arboles arbustos y hierbas de 42,29 MgC/ha.

Alvarado y Cobos (2019) realizaron una investigación para recopilar información sobre las relaciones entre la estructura y cobertura arbórea con el carbono almacenado en bosques montanos Andinos del Cajas, Azuay-Ecuador, en los remanentes de las localidades de Chaucha y San Gerardo, instalaron 20 parcelas de muestreo y se midió la cobertura y estructura de los árboles. El carbono almacenado en la biomasa aérea fue registrado por conglomerados para el conglomerado 2 obtuvieron un promedio de  $136 \pm 37,3$  Mg C/ha, y en conglomerado 1 registraron un valor de  $43,87 \pm 24,97$  Mg C/ha.

Humantupa, Luza, Alfaro, Ururi, Human, Pedraza y Peralvo (2017) realizaron una investigación en bosques andinos de Perú dentro del área del Santuario Nacional Ampay (SNA) entre 2 900 y 5 235 m s. n. m., se usó las fórmulas propuestas por Chave et al. (2014) y Chave et al. (2009) para el estudio hicieron uso de cuatro parcelas permanentes de 60 m x 60 m, donde registraron 1920 individuos de plantas leñosas con un DAP mayor a 5 cm, pertenecientes a 35 especies, 27 géneros y 20 familias; como resultado la biomasa (AGB-estimada) alcanza un valor entre 135 y 141,5 Mg ha<sup>-1</sup>, donde *Podocarpus glomeratus* tuvo mayor aporte de biomasa con 100,28/104,90 Mg ha<sup>-1</sup>, seguido de *Vallea stipularis* con 8,35/8,97 Mg ha<sup>-1</sup> y *Hesperomeles gayana* con 3,40/3,78 Mg ha<sup>-1</sup>.

Luza (2013) realizó una investigación en bosques andinos de Huancayo en Perú con el fin de comparar el “stock” de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo entre los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos, estimaron el Stock en los componentes principales de estos ecosistemas forestales, e identificaron la relación con los factores ambientales de la zona, mediante una metodología no destructiva a través de

la ecuación alométrica de Brown. Para ello seleccionaron 6 y 4 parcelas generales, 1 para caracterización del suelo, 18 y 12 para análisis especial de Carbono/Nitrógeno, 6 y 4 para el inventario forestal en Viques y Chorrillos respectivamente, esto mediante el uso de sensores remotos por medio del Google Earth. Como resultado concluyen que el bosque de Viques tiene mayor stock de Carbono almacenado en sus componentes (33291 t C/19 ha y 122065 t CO<sub>2</sub>/19 ha) a diferencia del bosque de Chorrillos (2934 t C/10 ha y 10758 t CO<sub>2</sub>/10 ha); A su vez incluyeron una valoración económica de estos sectores siendo para Viques de 33v2905 US\$/t C/19vha y para Chorrillos 29v339 US\$/t C/10 ha.

Jumbo, Arévalo y Ramírez (2017), realizaron una investigación en el bosque natural de Tinajillas ubicado al sur de la cordillera Oriental de los Andes, en el cantón Limón, provincia de Morona Santiago, que comprende formaciones vegetales de bosque siempre verde montano y bosque siempre verde montano bajo, donde buscaron determinar las cantidades de carbono que se almacenan en el estrato arbóreo mediante la aplicación del método establecido en el Manual de Campo de la Evaluación Nacional Forestal del Ecuador, y los criterios del Panel Intergubernamental para el Cambio climático; el resultado es que en las 118 ha de bosque, el volumen de madera es de 13 521 m<sup>3</sup>, es decir 115 m<sup>3</sup>/ha, representado en su mayoría por especies de la familia Melastomataceae. La cantidad de carbono almacenado, es de 4 835 Mg, resultando 41 Mg ha<sup>-1</sup>. La familia Melastomataceae contiene mayor cantidad de carbono (13 Mg ha<sup>-1</sup>), mientras que la especie con mayor cantidad de carbono almacenado es *Miconia* sp. con un valor de 8 Mg ha<sup>-1</sup>

Moser et al. (2011) cuantifica contenidos de carbono por unidad de área en bosques montanos Andinos del sur de Ecuador, haciendo un análisis de la variación de la biomasa aérea y subterránea a lo largo de un gradiente altitudinal de 2 000 m, con intervalos cada 300/400 metros. Los valores de carbono a 1 050 m de altitud fueron de un promedio de 154 Mg C/ha, siendo los más altos reportados en esta investigación de los cuales el 90 % corresponde a biomasa aérea y el restante 10 % al carbono contenido en raíces grandes y finas. Los bosques localizados a 2 380 metros de altitud reportan un total de 67 Mg ha<sup>-1</sup>, de los cuales el 72 % corresponde a la biomasa aérea (48 Mg). Los bosques caracterizados a 3 060 m, cerca del ecotono con el páramo, evidencian un repunte en el contenido total de carbono (87 Mg C/ha), especialmente por la biomasa subterránea que constituye el 38 % del total contenido en estos bosques.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudio

El área de estudio se localiza en el bosque andino del sector Cajanuma (Parque Nacional Podocarpus), cantón y provincia de Loja, en una parcela permanente de una hectárea previamente instalada a una altitud de 3000 m en las coordenadas UTM 702623,95 E y 9545009 S (Figura 1).

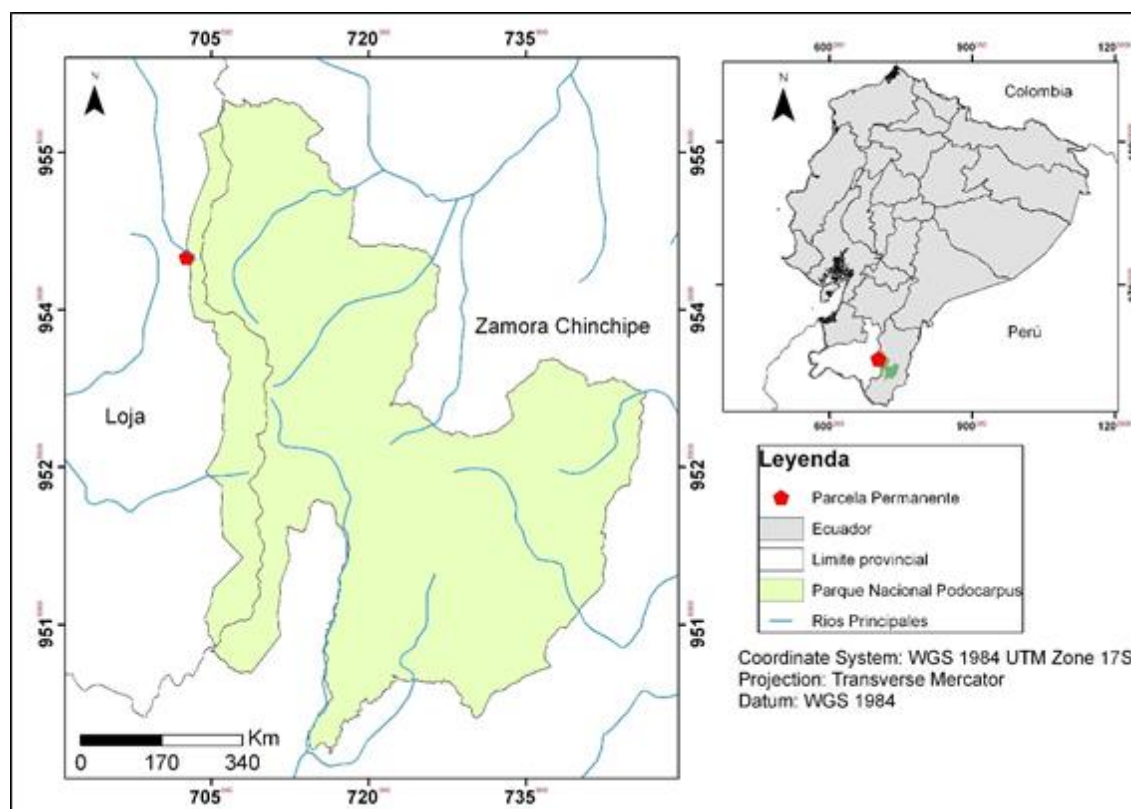


Figura 1. Ubicación de la parcela permanente de muestreo en el sector Cajanuma, dentro del Parque Nacional Podocarpus, cantón y provincia de Loja.

#### 3.2. Descripción ecológica del área de estudio

El área de estudio está localizada en Cajanuma en El Parque Nacional Podocarpus (PNP) el cual forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) desde 1982, este parque posee una extensión de 146 280 ha, distribuidas entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, entre la Amazonía y los Andes (MAE, 2014).

El bosque de Cajanuma es un bosque montano alto, presenta ciertas características y flora de bosque nublado según ECOLAP y MAE (2007). Cajanuma presenta una combinación de especies de flora de bosques nublados y páramos, es considerado un sitio de concentración de especies endémicas, con 40 especies de flora exclusivas de la zona

Cajanuma está ubicado a 2 750 m, en el límite occidental del PNP; corresponde a la zona del parque dentro de la provincia de Loja, posee un área menor a 1 000 hectáreas, limita con áreas intervenidas por el hombre como potreros y cultivos, a excepción de la parte alta donde limita con el páramo, lo que lo convierte en un bosque relativamente aislado y con una enorme biodiversidad.

En cuanto a la precipitación, varía entre 1 142 mm en las zonas menos lluviosas en la zona occidental y 2 261 mm, en las zonas más húmedas en la zona oriental, con un promedio anual de 1 730 mm; su temperatura es de 9°C en las zonas de páramo y un máximo de 21,7°C en las estribaciones orientales (MAE, 2014).

### 3.3. Características de la parcela permanente e instalación de parcelas temporales

El levantamiento de información sobre biomasa y carbono se realizó en una parcela permanente previamente establecida a la realización de este estudio, la cual está situada en un área de poco impacto antrópico. Esta parcela tiene una superficie de una hectárea y está dividida en 25 subparcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m); dentro de cada parcela se han etiquetado todos los árboles con un DAP mayor a 10 cm (Figura 2).

Para los propósitos de este estudio respecto a arbustos y hierbas, alrededor de la parcela de 1ha se instaló 20 subparcelas temporales de 4 m<sup>2</sup> (2 m x 2 m) (Figura 2 y 3) ubicadas sobre el perímetro de la parcela, con una equidistancia de 20 m.

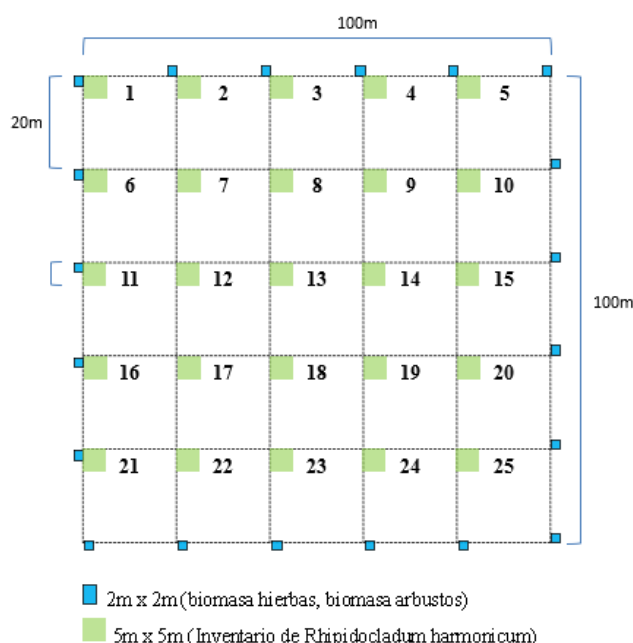


Figura 2. Distribución de las parcelas de muestreo en la parcela permanente del bosque andino de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus.



Figura 3. Instalación de parcelas temporales para arbustos y hierbas

### 3.4. Recopilación de datos

#### 3.4.1. Componente Arbóreo

Para el registro de la información necesaria para estimar biomasa y por consiguiente carbono en el componente arbóreo, se seleccionó al azar 13 subparcelas de 400 m<sup>2</sup> de las 25 que fueron delimitadas dentro de la parcela permanente (Figura 5). En las 13 subparcelas se midió la altura total de todos los árboles en pie que tenían un DAP mayor a 10 cm haciendo uso de un hipsómetro Vertex (Figura 4). La información fue registrada en hojas de campo de acuerdo al formato presentado en la Tabla 1.

Tabla 1. Formato de hoja de registro de campo para arboles

Coordenadas UTM				Lugar:		
Altitud (msnm)				Fecha:		
Subplot N°	N°	Árbol individual (1) o bifurcado (0)	Nombre científico	Familia	H (m)	Observaciones



Figura 4. Recopilación y registro de datos de altura con hipsómetro Vertex

Los datos correspondientes a DAP de cada individuo mayor a 10 cm fueron proporcionados por los investigadores de la Fundación Alemana para la Investigación (DFG), proyecto RESPECT, Environmental changes in biodiversity hotspot ecosystems of South Ecuador: Response and feedback effects (FOR2730). Subproyecto: B1 Linking tree above- and belowground traits across environmental and disturbance gradients in highly diverse tropical montane forests.

Los datos de densidad de la madera (d) para la mayoría de especies de la parcela fueron proporcionados por el proyecto RESPECT (FOR2730). En el caso de especies que no se contó con información de campo sobre densidad de madera, se tomó la información de la Global Wood Density Database (<http://db.worldagroforestry.org/wd>), y en casos específicos se tomó densidades obtenidas de investigaciones hechas para la especie. En los casos en los cuales no se obtuvo el valor para la especie, se usó una media a nivel de género o familia; tales casos fueron en las especies: *Oreopanax rosei*, *Gynoxys* sp., *Ocotea* sp., *Ocotea* sp1., *Meriania rigida*, *Meriania tomentosa*, *Myrcia lojensis*, *Geissanthus* sp., *Palicourea* spp. y *Miconia* spp.

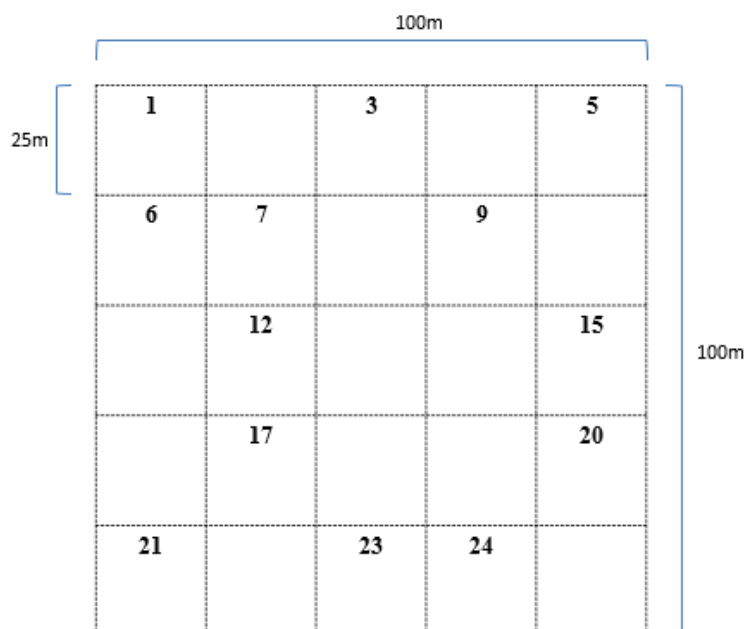


Figura 5. Cuadrantes de 400 m<sup>2</sup>, seleccionadas al azar dentro de la parcela de 1 ha para registro de datos de altura de para arboles

### 3.4.2. Componente arbustivo y herbáceo

Para el caso de arbustos y hierbas se recolecto todo el material vegetal correspondiente a cada componente como se muestran en la Figura 6, en parcelas de 4 m<sup>2</sup> situadas alrededor de la parcela permanente de 1 hectárea (Figura 3). El material recolectado fue pesado en campo y posteriormente en el laboratorio de suelos de la facultad agropecuaria y de recursos naturales renovables luego del proceso de secado. Para recopilar los valores de peso verde de las muestras de hierbas y arbustos se utilizó la hoja de campo que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Formato para recopilación de datos para arbustos y hierbas

<b>Coordenadas UTM:</b>			<b>Lugar:</b>		
<b>Altitud (m s. n. m):</b>			<b>Fecha:</b>		
Subplot N°	<b>Peso fresco</b>		<b>Peso seco</b>		<b>Observaciones</b>
	<b>Hierbas (gr)</b>	<b>Hierbas (gr)</b>	<b>Arbustos (gr)</b>	<b>Arbusto seco (gr)</b>	





Figura 6. Muestras de hierbas y arbustos para cálculo de biomasa y carbono

### 3.5. Estimación del carbono acumulado en el componente arbóreo

#### 3.5.1. Cálculo de la biomasa acumulado en el estrato arbóreo

Los datos de altura de los árboles pertenecientes a 13 subparcelas fueron utilizados para estimar las alturas de los árboles de las subparcelas restantes, para lo cual se clasificó por clases diamétricas cada una de las especies registradas en los 13 subcuadrantes, con intervalos de 2 cm para cada especie, y se utilizó el promedio de alturas de los individuos de cada clase diamétrica. Con los datos de diámetro y altura de todos los individuos, tanto medidos como estimados, se realizó el cálculo de biomasa del estrato arbóreo, para lo cual se utilizó un método indirecto relacionando el DAP, la altura y densidad de los árboles de la parcela mediante la ecuación alométrica para bosques tropicales desarrollado por Chave et al. (2014) con la cual se obtuvo un valor estimado de biomasa por árbol en kilogramos (kg):

$$AGB_{est} = 0,0673 \times (pD^2H)^{0,976}$$

Donde:

$AGB_{est}$  = Biomasa estimada en (kg)

D = Diámetro a la altura del pecho (cm)

$p$  = Densidad básica de la madera ( $g/cm^3$ ).

H= Altura del árbol

Esta ecuación alométrica es usada para árboles de bosques montanos que reciben una precipitación entre 1500 a 3200 mm anuales (Humantupa et al., 2017).

En el caso de los individuos pertenecientes a la familia Cyatheaceae y Dicksoniaceae, que son helechos arbóreos, se utilizó la ecuación alométrica desarrollada por Beets,

Kimberley, Oliver, Paerce, Graham y Brandon (2012), en la cual relacionan el diámetro y altura:

$$C_{est} = 2,70 \times 10^{-3} \times (DAP^2 H)^{1.19}$$

Donde:

$C_{est}$  = carbono estimado en (kg)

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

H= Altura del helecho arborescente

### 3.5.2. Cálculo de Carbono acumulado en la biomasa Arbórea

Los datos estimados de biomasa para cada especie de la parcela permanente de muestreo se multiplican por una constante como lo menciona el IPCC (2001) y Brown (1997), el valor resultante corresponde al carbono fijado en la misma:

$$C_{est} = AGB_{est} \times 0,5$$

C = Carbono acumulado en la biomasa (kg)

$AGB_{est}$  = Biomasa estimada en (kg)

0,5= constante en consideración a que el 50 % de la biomasa de todo ser vivo es carbono

### 3.5.3. Cálculo de la biomasa del estrato arbustivo

Para estimar la biomasa contenida en el estrato arbustivo se trabajó en las 20 parcelas temporales de 4 m<sup>2</sup> instaladas alrededor de la parcela permanente de muestreo de 1 ha. Se utilizó el método destructivo, se cortó todo el material vegetativo considerado arbusto, se registró su peso verde y se tomó una muestra de 1 kg, la cual se llevó al laboratorio de para secar en una estufa a 60°C hasta que alcance un contenido de humedad constante (72 a 120 horas) (Ver Figura 6 y 7). Posteriormente la muestra se pesó (Figura 7) para registrar el peso seco y se relacionó los valores de peso seco y peso verde mediante la fórmula recomendada por Pearson, Walker y Brown (2005). La fórmula se detalla a continuación:

$$BT = \frac{Psm}{Pvm} \times Pht$$

Donde:

BT = Biomasa total

Psm = Peso seco de la muestra

Phm = peso húmedo de la muestra

Pht = peso húmedo total



Figura 7. Registro de peso y secado de muestras de arbustos y hierbas

#### **3.5.4. Cálculo de la biomasa en el estrato herbáceo**

Para estimar la biomasa contenida en el estrato herbáceo se trabajó en 20 parcelas temporales de 4 m<sup>2</sup> instaladas alrededor de la parcela permanente de muestreo de 1 ha. Se empleó el método destructivo, para lo cual se cortó todo el material vegetativo herbáceo dentro del cuadrante de 4 m<sup>2</sup>, se registró su peso verde y se tomó una muestra de 1 kg, la cual se llevó al laboratorio donde se secó en una estufa a 60°C hasta que alcance un contenido de humedad constante (72 a 120 horas). Una vez secas, se registró su peso y se realizó la relación entre el peso verde y peso seco de la muestra usando la fórmula empleada por Pearson et al. (2005) enunciada anteriormente en el estrato arbustivo.

#### **3.5.5. Cálculo de la biomasa de *Rhipidocladum harmonicum* (Parodi) McClure)**

Para este bambú debido a su abundancia y tamaño (en longitud) se procedió de una forma diferente a los arbustos, denominación a la cual pertenece; para ello se utilizó información resultante de un conteo de los individuos correspondientes a la especie dentro de subparcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 m x 5 m) que fueron instaladas temporalmente dentro de las subparcelas de 400 m<sup>2</sup>, tal registro fue realizado por investigadores del proyecto RESPECT, Environmental changes in biodiversity hotspot ecosystems of South Ecuador: Response and feedback effects. Adicionalmente, se colectó fuera de la parcela de 1 ha, 60 tallos de diferente diámetro en la base y longitud, de éstos se tomaron 30 tallos que se registró su peso verde y posteriormente se secaron en el laboratorio a 60°C durante 120 horas. Con la relación entre peso verde y peso seco se obtuvo un valor promedio estándar de la biomasa que contiene cada individuo y con ello se generalizó para todos los individuos registrados dentro de las parcelas de 5 m x 5 m.

### **3.5.6. Cálculo de carbono acumulado en la biomasa de los estratos arbustivo, herbáceo y bambú.**

Para estimar el contenido de carbono en la biomasa, en el caso de los arbustos, hierbas y bambú se empleó la fórmula para arboles propuesta por Brown (1997) e IPCC (2001) el peso del carbono corresponde a la mitad del peso de la biomasa:

$$C_{est} = AGB_{est} \times 0,5$$

$AGB_{est}$  = Biomasa estimada en (kg)

C = Carbono acumulado en la biomasa (kg)

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Carbono acumulado en el estrato arbóreo

En la parcela permanente de bosque andino se registraron 1506 individuos pertenecientes a 85 especies, 36 géneros y 31 familias con DAP > 10 cm, el valor de estimado de la biomasa de este grupo de árboles fue de 141 711,05 kg (141,73 Mg ha<sup>-1</sup>) con un valor estimado de carbono 70 855,53 kg (70,86 Mg ha<sup>-1</sup>). En la Tabla 3 se muestra el valor estimado de biomasa y carbono de las 20 especies representativas, en el Anexo 2 se puede apreciar el inventario de especies del área de estudio.

Tabla 3. Valores de biomasa y carbono de la parcela permanente de bosque andino de 1 hectárea

N°	Nombre Científico	Familia	Biomasa (kg)	Carbono (kg)	Carbono %
1	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Cunoniaceae	27164,02	13582,01	19,17
2	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H.Keng	Theaceae	16387,13	8193,57	11,56
3	<i>Ilex laurina</i> Kunth.	Aquifoliaceae	11493,07	5746,54	8,11
4	<i>Ilex rupicola</i> Kunth.	Aquifoliaceae	8051,66	4025,83	5,68
5	<i>Hedyosmum purpurascens</i> Todzia	Chloranthaceae	7922,98	3961,49	5,59
6	<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	Pentaphylacaceae	5707,56	2853,78	4,03
7	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G.Don	Loranthaceae	5286,61	2643,30	3,73
8	<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	Cunoniaceae	4479,18	2239,59	3,16
9	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng	Clethraceae	3978,35	1989,17	2,81
10	<i>Beilschmiedia</i> sp.	Lauraceae	3447,15	1723,57	2,43
11	<i>Zinowiewia madsenii</i> C. Ulloa & P. Jørg.	Celastraceae	3403,23	1701,61	2,40
12	<i>Ocotea rotundata</i> van der Werff	Lauraceae	2739,36	1369,68	1,93
13	<i>Prunus</i> sp.	Rosaceae	2619,14	1309,57	1,85
14	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	2578,37	1289,18	1,82
15	<i>Oreopanax sessiliflorus</i> (Benth.) Decne. & Planch	Araliaceae	2575,27	1287,63	1,82
16	<i>Clusia elliptica</i> Kunth	Clusiaceae	2527,31	1263,65	1,78
17	<i>Symplocos coriacea</i> A. DC	Symplocaceae	2161,81	1080,91	1,53
18	<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly	Primulaceae	1973,67	986,83	1,39
19	<i>Brunellia</i> sp.	Brunelliaceae	1753,01	876,51	1,24
20	<i>Miconia</i> sp4	Melastomataceae	1748,07	874,03	1,23

Las especies representativas respecto a la cantidad de biomasa y por consiguiente de carbono que acumulan entre sus individuos son en primer lugar *Weinmannia pubescens*, que representa el 19,17 % del total de biomasa en la parcela, con un valor de 13 582,01 kg de carbono acumulado; *Gordonia fruticosa* con un valor de 8 193,57 kg (representa 11,56 % del total); *Ilex laurina* e *Ilex rupicola* con valores de contenido de carbono de 8 051,66 kg y 4 025,83 kg (representan el 8,11 % y 5,68 % respectivamente del total de carbono acumulado en árboles).

La Figura 8 ilustra el contenido de carbono almacenado por las 15 especies abundantes que acumulan más carbono en el área de estudio relacionándolo con el número de individuos.

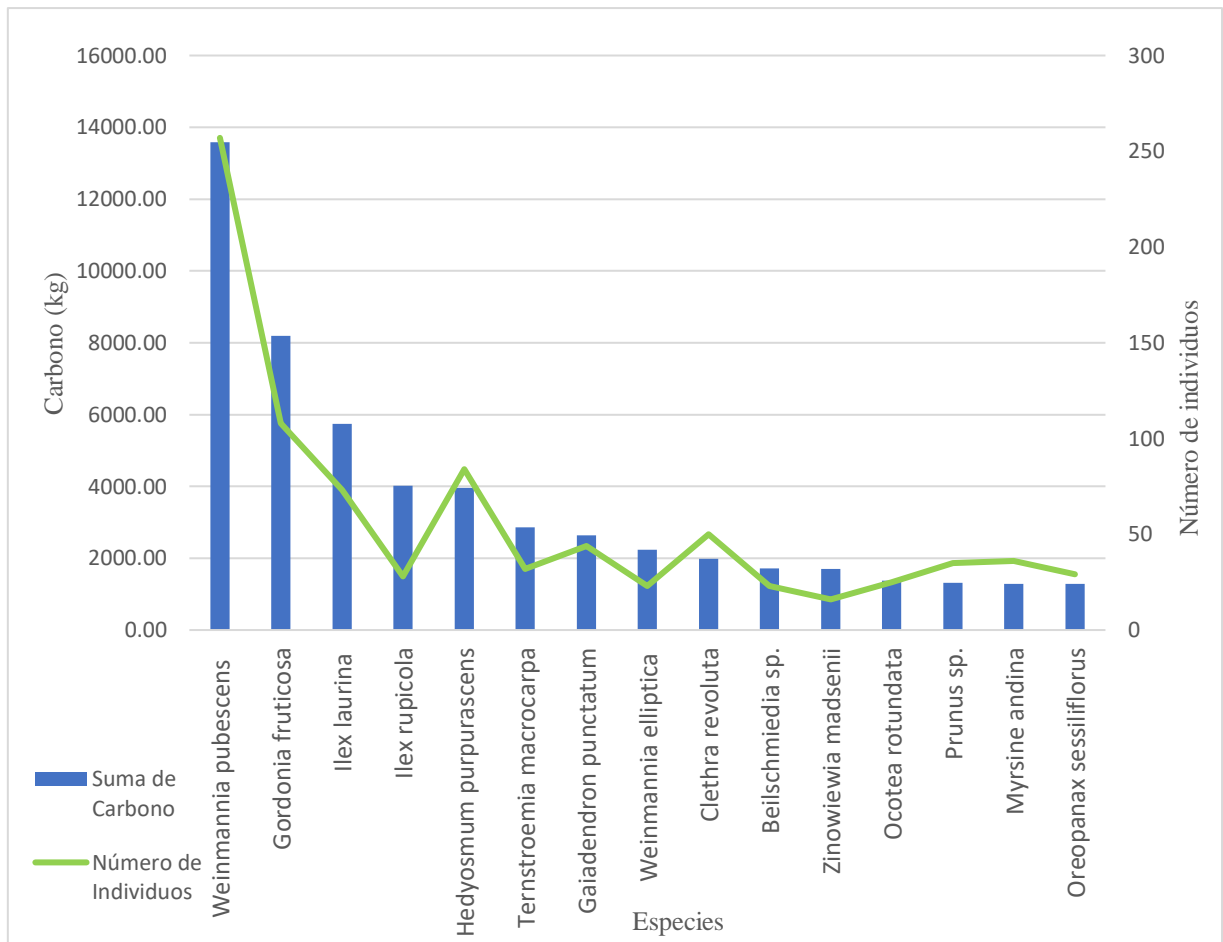


Figura 8. Contenido de carbono almacenado en la biomasa y su relación con el número de individuos de las 15 especies que registran mayor acumulación de carbono.

Se constata que el contenido de carbono en el área de estudio está relacionado con el número de individuos, razón por la cual *Weinmannia pubescens* se encuentra situado como el grupo con la mayor cantidad de carbono almacenado, especie de la cual se registraron 257 individuos en el área de estudio, de igual forma, el caso de *Gordonia fruticosa*, que registra 108 individuos y que es el segundo grupo con mayor captura de carbono seguido de: *Hedyosmum purpurascens* con 84 individuos, *Gaiadendron punctatum* con 44 individuos, *Clethra revoluta* con 50, *Beilschmiedia sp.* con 23 individuos, *Ocotea rotundata* con 25 y *Oreopanax sessiliflorus* con 29 individuos, conjunto de especies que destacan como mayores almacenadores de carbono por el número de individuos existentes en el área de estudio.

La Figura 9 muestra las 15 especies con mayor cantidad de almacenamiento de carbono promedio, sin considerar la incidencia del número de individuos, y considerando todas las clases diamétricas existentes en la parcela de 1 ha del bosque andino de Cajanuma.

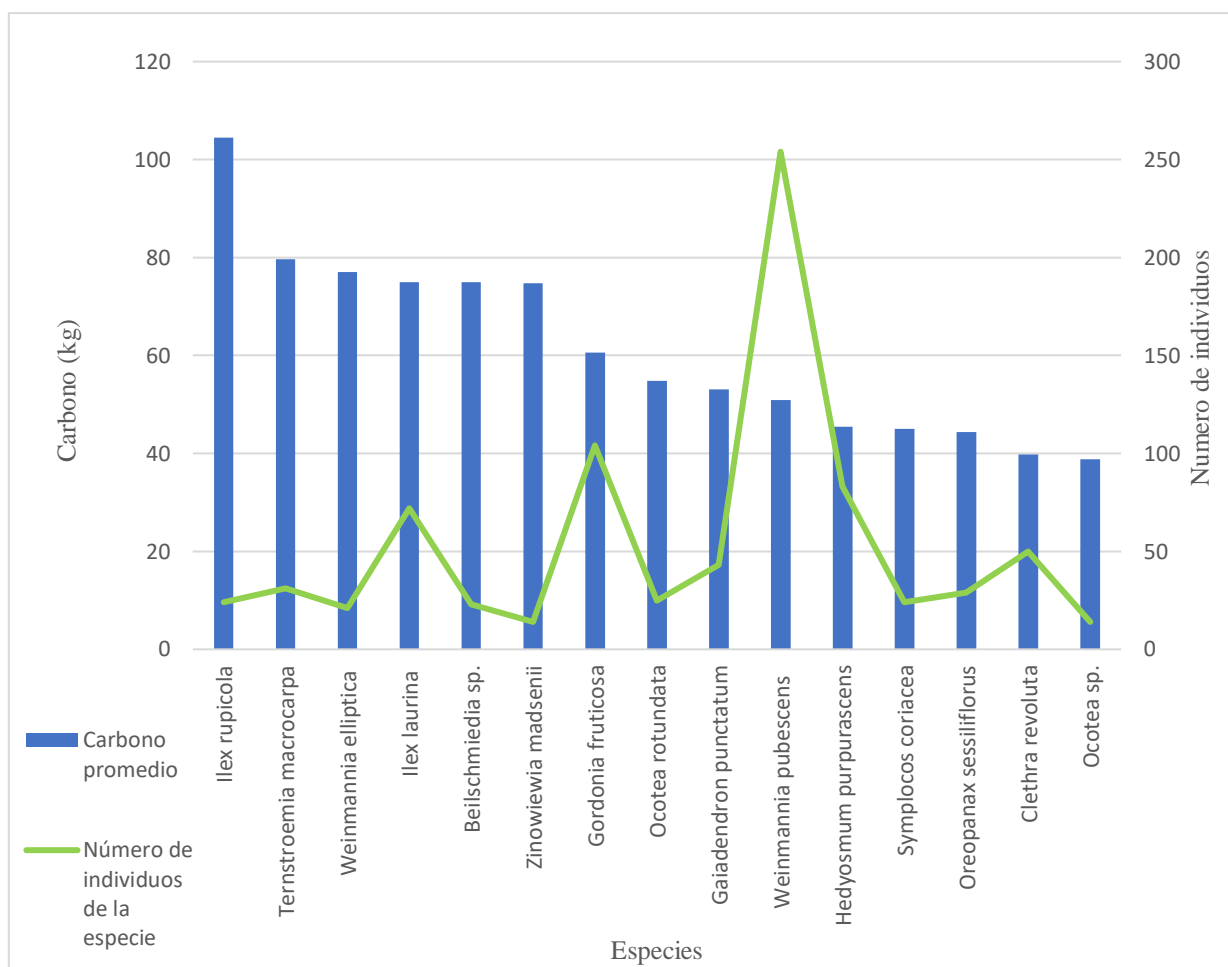


Figura 9. Carbono promedio y número de individuos de las 15 especies con mayor capacidad de almacenamiento de carbono.

La especie que captura mayor cantidad de carbono es *Ilex rupicola* con un valor promedio de 104,46 kg, seguida de *Ternstroemia macrocarpa* con 79,69 kg, *Weinmania elliptica* con 77 kg, *Ilex laurina* con 75 kg, *Beilschmiedia sp.* con 74,93 kg, *Zinowiewia madsenii* con 74,71 kg, *Gordonia fruticosa* con 60,63 kg, *Ocotea rotundata* con 54,78 kg, *Gaiadendron punctatum* con 53,02 kg, y en décimo lugar *Weinmania pubescens* con 50,85 kg. En la Figura 9 y tablas 4, 5 y 6 se muestra los resultados de la captura promedio de carbono por especies considerando las clases diamétricas a las que pertenecen, donde se ve nuevamente la dominancia de los individuos de *Ilex rupicola* e *Ilex laurina*, *Weinmania elliptica*, *Beilschmiedia sp.* y *Zinowiewia madsenii*.

Tabla 4. Captura de carbono promedio por especies y clase diamétrica (10-20 cm) de 20 especies representativas del bosque andino del Parque Nacional Podocarpus

N°	Nombre científico	DIÁMETRO	ALTURA	CARBONO	DENSIDAD
		promedio (cm)	promedio (m)		
1	<i>Beilschmiedia</i> sp.	15,6	9,0	41,85	0,669
2	<i>Zinowewia madsenii</i> C. Ulloa & P. Jørg.	15,6	7,5	37,38	0,7
3	<i>Ocotea rotundata</i> van der Werff	15,8	7,8	35,82	0,636
4	<i>Ilex laurina</i> Kunth	14,9	7,5	32,86	0,625
5	<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	15,6	7,7	32,80	0,611
6	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	15,2	8,1	32,57	0,602
7	<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	15,5	7,0	32,02	0,603
8	<i>Myrcia lojensis</i> B. Holst & M. L	13,1	7,9	31,64	0,774
9	<i>Viburnum</i> sp.	14,4	8,9	31,10	0,586
10	<i>Symplocos coriacea</i> A. DC	15,7	7,4	30,00	0,556
11	<i>Oreopanax sessiliflorus</i> (Benth.) Decne. & Planch	14,5	7,9	29,49	0,601
12	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H.Keng <i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.)	15,6	7,0	28,75	0,597
13	G.Don	15,3	7,7	28,50	0,515
14	<i>Prunus</i> sp.	12,7	7,8	28,08	0,765
15	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	13,9	8,4	27,87	0,62
16	<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H.Rob.	14,6	7,0	27,81	0,640
17	<i>Clusia elliptica</i> Kunth	13,8	7,5	27,50	0,606
18	<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly	13,7	6,2	26,92	0,782
19	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	13,4	7,4	26,89	0,662
20	<i>Miconia</i> sp5	14,3	6,6	26,68	0,650
		$\bar{x}=14,6$	$\bar{x}= 7,6$		

La especie con individuos entre 10-20 cm de DAP con mayor almacenamiento de carbono promedio es *Beilschmiedia* sp. (41,85 kg), seguido de *Zinowewia madsenii* (37,38 kg), y *Ocotea rotundata* (35,82 kg). En lo que respecta a las especies con mayor número de individuos, tales como *Weinmannia pubescens* y *Gordonia fruticosa*, no son las especies con mayor almacenamiento promedio de carbono desde el punto de vista individual (32,57 y 28,75 kg respectivamente), aunque la diferencia no es tan marcada.



Tabla 5. Captura de carbono promedio por especies y clase diamétrica (20-30 cm) de 15 especies representativas del bosque andino del Parque Nacional Podocarpus.

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	DIÁMETRO promedio (cm)	ALTURA promedio (m)	CARBONO (kg)	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
1	<i>Zinowiewia madsenii</i> C. Ulloa & P. Jørg.	26,7	7,7	107,69	0,7
2	<i>Beilschmiedia</i> sp.	24,1	9,6	104,44	0,669
3	<i>Ilex laurina</i> Kunth	24,8	9,2	100,34	0,625
4	<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	25,2	9,3	98,44	0,611
5	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H.Keng	25,2	8,8	95,77	0,597
6	<i>Ilex rupicola</i> Kunth	24,9	8,6	94,27	0,635
7	<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	25,4	8,6	94,09	0,603
8	<i>Prunus</i> sp.	23,2	8,1	93,42	0,765
9	<i>Ocotea rotundata</i> van der Werff	24,3	8,4	88,50	0,636
10	<i>Hedyosmum purpurascens</i> Todzia	25,6	9,2	83,60	0,488
11	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	23,5	8,8	81,51	0,602
12	<i>Clusia elliptica</i> Kunth	22,2	9,1	76,74	0,606
13	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult	23,7	7,6	76,65	0,647
14	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G.Don	24,0	8,5	71,12	0,515
15	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng	23,0	9,5	70,61	0,491
		$\bar{x}= 24,3$	$\bar{x}= 8,7$		

Como se observa en la Tabla 5, *Zinowiewia madsenii* (107,69 kg), *Beilschmiedia* sp. (104,44 kg) e *Ilex laurina* (100,34 kg) son las especies con mayor almacenamiento promedio de carbono con individuos comprendidos entre 20-30 cm de DAP.

Tabla 5. Captura de carbono por especies y clase diamétrica (30-40 cm) de 11 especies representativas del bosque andino del Parque Nacional Podocarpus.

N°	NOMBRE CIENTÍFICO	DIÁMETRO promedio (cm)	ALTURA promedio (m)	CARBONO promedio (kg)	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
1	<i>Ilex rupicola</i> Kunth	36,4	11,0	253,04	0,635
2	<i>Ilex laurina</i> Kunth	34,0	10,2	201,25	0,625
3	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G.Don	30,8	11,6	200,17	0,516
4	<i>Zinowiewia madsenii</i> C. Ulloa & P. Jørg.	37,0	8,0	191,80	0,7
5	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H.Keng	33,8	9,4	178,62	0,597
6	<i>Beilschmiedia</i> sp.	32,3	9,4	176,41	0,67
7	<i>Symplocos coriacea</i> A. DC	33,3	10,5	170,88	0,556
8	<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	33,5	8,6	159,38	0,611
9	<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	33,1	8,7	154,38	0,603
10	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng	33,6	9,7	142,71	0,491
11	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	33,1	8,5	141,72	0,602
		$\bar{x}= 33,6$	$\bar{x}= 9,4$		

En la Tabla 6 se observa que las especies del género *Ilex* son las más representativas, así: *Ilex rupicola* con 253,04 kg de carbono promedio almacenado, seguida de *Ilex laurina* que almacena en promedio 201,17 kg de carbono en esta clase diamétrica y *Gaiadendron punctatum* (200,17 kg).

Respecto a helechos arbóreos, se evidencia que *Dicksonia sellowiana* es la especie que más contribuye al almacenamiento de carbono, con un valor de 474,22 kg de biomasa y 237,11 kg de carbono como se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 6. Biomasa y carbono de helechos arbóreos en el bosque de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus

N°	Helechos Arbóreos	Biomasa (kg)	Carbono (kg)	Carbono (%)
1	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook	474,22	237,11	0,33
2	<i>Cyathea patens</i> hort. ex Houlston & Moore	275,95	137,97	0,19
3	<i>Cyathea straminea</i> (A. Gepp) Alderw	125,10	62,55	0,09
4	<i>Cyathea</i> sp.	99,26	49,63	0,07
5	<i>Cyathea</i> sp1.	9,01	4,50	0,01
6	<i>Cyathea atahuallpa</i> (R.M. Tryon) Lellinge	6,74	3,37	0,005

#### 4.2. Carbono acumulado en el estrato arbustivo y herbáceo

Los estratos arbustivo y herbáceo poseen menos biomasa y carbono en comparación de los árboles; la biomasa del estrato herbáceo en la parcela permanente de una hectárea es de 174,76 kg (0,174 Mg ha<sup>-1</sup>) con un contenido de carbono de 87,38 kg (0,087 Mg ha<sup>-1</sup>). Para los arbustos se tiene un valor de 12 162,12 kg (12,16 Mg ha<sup>-1</sup>) de biomasa y 6 081,06 kg (0,6081 Mg ha<sup>-1</sup>) de carbono; gran parte de este valor corresponde a una sola especie de arbusto que es *Rhipido cladum harmonicum*, especie que representa el 94,79 % de biomasa correspondiente a arbustos debido a su abundancia.

Como resultado de las 30 muestras de *Rhipido cladum harmonicum*, se obtuvo un valor promedio de 502,82 g (ver Anexo 4) por individuo de *Rhipido cladum*, valor considerado para el cálculo final con el número de individuos registrados en las parcelas de 5 m x 5 m, es decir un valor total de biomasa de 11 528,58 kg, con un contenido de carbono de 5 764,29 kg (Tabla 8).

Tabla 7. Biomasa y carbono en el estrato arbustivo y herbáceo de la parcela permanente de Cajanuma, PNP.

	<b>Estrato</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Biomasa/m<sup>2</sup> (g)</b>	<b>Carbono/m<sup>2</sup> (g)</b>	<b>Biomasa/ha (kg)</b>	<b>Total (kg)</b>
Arbustos	<i>Rhipidocladum harmonicum</i> (Pa rodi) McClure	625	1152,86	576,43	115285,81	720,54
	otras especies	80	63,35	31,68	6335,42	2,53
	Total	80	1216,21	608,11	121621,23	48,65
Hierbas		80	1,75	0,87	174,76	0,070

#### 4.3. Biomasa y carbono total en la parcela permanente de una hectárea para cada componente: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

La Tabla 9 muestra los valores totales de biomasa aérea para cada uno de los estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. En la parcela permanente de una hectárea de este bosque andino se estimó un valor total de biomasa 154 047,93 kg (154,05 Mg ha<sup>-1</sup>) y carbono de 77 023,97 kg (77,023 Mg ha<sup>-1</sup>).

Tabla 8. Valores de carbono y biomasa total de la parcela permanente en Cajanuma

<b>Estrato</b>	<b>Biomasa/m<sup>2</sup> (kg)</b>	<b>Carbono/m<sup>2</sup> (kg)</b>	<b>Biomasa/h (kg)</b>	<b>Carbono/ha (kg)</b>
Arbóreo	14,17	7,09	141 711,05	70 855,53
Arbustivo	12,16	6,08	12 162,12	6 081,06
Herbáceo	0,17	0,09	174,76	87,38
<b>Total</b>	<b>26,51</b>	<b>13,25</b>	<b>154 047,93</b>	<b>77 023,96</b>

## 5. DISCUSIONES

### 5.1. Carbono almacenado en la biomasa aérea

El área de estudio que fue evaluada en esta investigación forma parte del bosque andino del Parque Nacional Podocarpus, situado a 2800 m s. n. m., comparando con un estudio similar en bosques andinos de Perú dentro del área del Santuario Nacional Ampay (SNA) ubicado entre 2900 y 5235 m s. n. m., mostró como resultado que la biomasa (AGB-estimada) alcanza entre 135 y 141,5 Mg ha<sup>-1</sup>, valor que resulta inferior al obtenido en el presente estudio (154,05 Mg ha<sup>-1</sup>), hay que destacar que estos ecosistemas presentan similitud en las características ambientales como la altitud, temperatura y precipitación. El valor obtenido en el presente estudio difiere de los valores que propone MAE (2015) para bosques siempreverde andinos (164 Mg ha<sup>-1</sup>), asimismo, Calderón, Romeo, Cuesta, Pinto y Báez (2013) mencionan que los bosques montanos de ecosistemas altoandinos poseen entre 40 y 80 Mg ha<sup>-1</sup>, en biomasa aérea, rango en el cual se encuentra el valor obtenido en esta investigación.

Moser et al. (2011) en un estudio de transecto altitudinal en el sur de Ecuador en bosques montanos de los andes menciona que el valor de carbono acumulado es de 87 Mg ha<sup>-1</sup>, valor que es aproximado al obtenido en el estudio de Cajanuma que es de 77,03 Mg ha<sup>-1</sup>; la diferencia de 10 Mg puede obedecer a diferencias en la composición florística entre los dos ecosistemas.

### 5.2. Carbono y biomasa en el estrato arbóreo

Las familias con mayor cantidad de biomasa también son las que poseen más individuos, en el área que fue objeto de análisis existen 285 individuos de la familia Cunoniaceae principalmente *Weinmannia elliptica* (257 individuos) y *Weinmannia pubescens* (23 individuos). También 111 individuos pertenecientes a la familia Aquifoliaceae especies de *Ilex laurina* (73 individuos) e *Ilex rupicola* (28 individuos) y 108 representantes de la familia Theaceae con especímenes de *Gordonia fruticosa* únicamente. Sin embargo, pese a existir 144 individuos pertenecientes a la familia Melastomataceae esta no se encuentra entre las que poseen mayor biomasa, esto se ha atribuido a que sus diámetros y alturas son inferiores a otras familias por ejemplo el promedio de DAP de individuos de la familia Aquifoliaceae es de 20,98 cm y de la familia Melastomataceae es de 13,77 cm. Sin embargo, al tratarse las especies como carbono promedio que almacenan por especie las

especies *Weinmania pubescens* y *Gaiadendron punctatum* que son las especies con mayor número de individuos y por tanto el mayor valor de almacenamiento de carbono en la parcela de 1 ha, son superadas por *Ilex rupícola*, *Zinowiewia madsenii* y *Weinmania elliptica*, esto se puede apreciar en la Figura 9. Al analizar los valores de altura de las especies del área de estudio se ha evidenciado que independientemente de la especie los árboles tienden a alcanzar alturas comprendidas entre 7 y 10 m, siendo 7,44 m la altura promedio de los árboles del sitio.

También en ciertos casos se ha podido constatar que pese a que hay especies con diámetros y alturas más bajas que otras, poseen una carga más alta de carbono almacenado esto se puede evidenciar al tener en cuenta las Tablas 4 y 5 los casos de *Prunus* sp. y *Myrcia lojensis*, esta última en especial pese a poseer un DAP promedio de 13,1 cm que es el segundo valor más bajo en la clasificación de 10 a 20 cm de DAP (Tabla 4) y una altura de 7,9 m logra figurar entre las 10 especies con mayor almacenamiento de carbono 31,64 kg, esto influenciado por la densidad de la madera que es de 0,773 g/cm<sup>3</sup>, por lo tanto, también es un valor que se debe tener en cuenta al momento de relacionar estos factores.

En la Tabla 4 donde se agrupan las especies que poseen mayor capacidad de captura de carbono individualmente también se evidencia la influencia de la densidad, teniendo en cuenta que las especies con mayor número de individuos, tales como *Weinmannia pubescens* y *Gordonia fruticosa*, no son las especies con mayor almacenamiento promedio de carbono desde el punto de vista individual (32,57 y 28,75 kg respectivamente), esto es debido principalmente a que estas especies poseen menor densidad específica de la madera (0,60 y 0,59 g/cm<sup>3</sup> respectivamente) en comparación con la densidad de madera de *Beilschmiedia* sp. (0,67 g/cm<sup>3</sup>), y *Zinowiewia madsenii* (0,70 g/cm<sup>3</sup>).

Jumbo y Arevalo (2017) realizaron una investigación con el fin de determinar las cantidades de carbono almacenado en el estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas, ubicado al sur de la Cordillera Oriental de los Andes, cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago, en ecosistema de bosque siempreverde montano y bosque siempre verde montano bajo; en este caso la metodología empleada es la sugerida por el IPCC en 2006. Esta estimación se obtuvo de la multiplicación del volumen del bosque, la densidad de la madera, el factor de expansión de biomasa aérea y el factor de expansión de biomasa subterránea. El carbono almacenado es de 41 Mg ha<sup>-1</sup>, cantidad que la representan 925

individuos, en el caso de la presente investigación se obtuvo un valor de 70,86 Mg ha<sup>-1</sup> que la representan 1 506 árboles, razón por la cual se encuentra tal diferencia de carga de carbono, las especies representativas del lugar son de la familia Melastomataceae (*Miconia* sp.) con una abundancia relativa de 34,92 %, *Weinmannia pinnata* con una abundancia relativa de 9,3 %, *Clusia latipes* con una abundancia relativa de 7,78 %, y *Ocotea javitensis* con una abundancia relativa de 6,05 %, familias que en la investigación de Cajanuma también representan gran abundancia tal es el caso de la familia Cunnonicaeae con una abundancia relativa de 17 %, Melastomataceae con una abundancia relativa de 9,56 % siendo en las familias más representativas al igual que en la investigación realizada por Jumbo y Arévalo (2017).

Como resultado de la investigación sobre carbono en biomasa aérea en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, Aguirre, Quizhpe y Pinza (2018) obtienen un valor de 26,56 Mg ha<sup>-1</sup>, valor significativamente más bajo que el obtenido por Jumbo y Arévalo (2017) que es de 41 Mg ha<sup>-1</sup>, y el obtenido en esta investigación 70,86 Mg ha<sup>-1</sup>, pese a ser ecosistemas de bosque andino que se sitúan a una altitud similar, y comparten características similares; En la presente investigación se tiene como especies dominantes *Weinmania elliptica*, *Weinmania gabra*, *Weinmania ovata*, *Weinmania pubescens*, *Gordonia fruticosa*, *Ilex laurina*, *Ilex myricoides*, *Ilex weberlingii* e *Ilex* sp. en el estudio de Aguirre et al. (2018) no se han registrado individuos de estas familias a excepción de *Weinmania glabra*, estas especies poseen densidades de madera altas lo que contribuye significativamente en el valor de carbono fijado, además mencionan que el bosque andino del Parque Universitario es un remanente boscoso en proceso de recuperación, lo cual significa que el número de individuos que existen aquí será menor que los registrados en el bosque andino de Parque Nacional Podocarpus que es un ecosistema conservado, todo esto se asume como razones para la diferencia de valores de carbono estimado en cada sitio.

### **5.3. Carbono almacenado en la biomasa de los componentes arbustivo y herbáceo**

En este estudio de Cajanuma los valores de biomasa y carbono correspondientes a estos estratos son considerablemente bajos. En el estudio realizado por Aguirre, Quizhpe y Pinza (2018) (2018) en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” para el componente arbustivo haciendo uso de la misma metodología empleada en este proyecto, obtuvo un valor de carbono de 2,7 Mg ha<sup>-1</sup>, muy por debajo del resultado obtenido en el presente estudio cuyo valor fue de 6,08 Mg ha<sup>-1</sup>. Pese a ser ecosistemas que presentan

similitud en cuanto a diversidad florística, precipitación y altitud, la especie *Rhipidocladum harmonicum*, está presente en el área de estudio a diferencia del Parque Universitario, contándose como el arbusto que posee mayor abundancia.

En lo que respecta al componente herbáceo en el trabajo realizado por Aguirre, Quizhpe y Pinza (2018) obtuvo un valor del contenido de carbono de  $2,96 \text{ Mg ha}^{-1}$ , valor superior a obtenido en este trabajo que es de  $0,0874 \text{ Mg ha}^{-1}$ . En otro estudio realizado en bosques de la región andina situado a una altura de 3 381 m s. n. m., por Tacarpo (2018), obtiene un valor de  $2,808 \text{ Mg ha}^{-1}$ , para el conjunto de hierbas y arbustos, valores inferiores a los obtenidos en esta investigación ( $6,16 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y a los resultados en conjunto obtenidos por Aguirre, Quizhpe y Pinza (2018) ( $5,66 \text{ Mg ha}^{-1}$ ).

## 6. CONCLUSIONES

El resultado de carbono total fijado en la parcela permanente de una hectárea de bosque andino del Parque Nacional Podocarpus, considerando los estratos que forman biomasa aérea: árboles, arbustos, hierbas, es de 77,023 Mg ha<sup>-1</sup>, repartido en 6,081 Mg ha<sup>-1</sup> para el arbustivo y de 0,087 Mg ha<sup>-1</sup> para el estrato herbáceo y 70,86 Mg ha<sup>-1</sup> para el estrato arbóreo.

En el estrato arbóreo se registraron 1 506 individuos pertenecientes a 85 especies, 36 géneros y 31 familias con un DAP >10 cm, el valor de carbono acumulado en la biomasa 50 % de todo este carbono se acumula en 5 especies: *Weinmannia pubescens*, *Gordonia fruticosa*, *Ilex laurina*, *Ilex rupicola*, *Hedyosmum purpurascens*, que son las más abundantes y también aquellas cuyos individuos pertenecen a las clases diamétricas más altas; los helechos arbóreos también brindan un aporte considerable de almacenamiento de carbono en la parcela permanente de muestreo, principalmente *Dicksonia sellowiana* que almacena un estimado de 237,11 kg de carbono en su biomasa.

Las especies que almacenan mayor carbono en el área son: *Ilex rupicola* con un valor promedio de 104,46 kg, seguida de *Tenstroemia macroparpa* con 79,69 kg, *Weinmannia elliptica* con 77 kg, *Ilex laurina* con 75 kg, *Beilschmiedia* sp. con 74,93 kg, *Zinowiewia madsenii* con 74, 7 kg, *Gordonia fruticosa* con 60,63 kg, *Ocotea rotundata* con 54,78 kg *Gaiadendron punctatum* con 53,02 kg y *Weinmannia pubescens* con 50,85 kg.

El valor de carbono acumulado en la biomasa arbustiva es principalmente aporte de *Rhipidocladum harmonicum* que representa el 94,79 % de toda la biomasa y carbono presente en el área de estudio (0,6081 Mg ha<sup>-1</sup>), esto se debe a la gran abundancia de la especie en Cajanuma.



## 7. RECOMENDACIONES

- Hacer uso de diversas metodologías para mejorar la precisión de la estimación como el uso de los modelos alométricos y factores de expansión, el análisis directo haciendo una medición y cuantificación en campo y métodos informáticos como por ejemplo el software LIDER (Laser Imaging Detección and Ranging).
- Cuantificar biomasa y carbono de un determinado bosque a la par de una estimación de valor económico, con lo cual se pueda dar una valoración que resulte más sencillo de apreciar a la población en general, para así con ello encaminar a que más personas valoren lo que representan los bosques y de alguna manera con ello lograr su protección y respeto.
- En caso de la información de hierbas y arbustos esta debe ser obtenida dentro de la parcela en estudio, ya que en el presente fue obtenida alrededor de la parcela lo cual puede generar sesgos ya que por lo general son zonas donde existe mayor perturbación antrópica.
- Para mejorar la precisión en las estimaciones de carbono almacenado en la biomasa de este sitio u otras áreas con diversidad florística similar a la de este bosque andino o que específicamente que compartan las especies *Rhipidocladum harmonicum* y *Chusquea scandens*, tratar estas especies por separado debido a la gran abundancia que presentan en el lugar.
- Para futuras investigaciones y para mejorar la calidad de información es necesario determinar la biomasa y carbono que poseen las lianas, incluir como un apartado ya que en esta investigación y otras similares no fueron contempladas para los procesos de análisis y estimación.
- Es recomendable tener en cuenta si hay precipitación cuando se procede a la toma de muestras directas en campo para procesos de cálculo de biomasa y carbono mediante el método destructivo, ya que al existir gotas de lluvia en las plantas recolectadas influye en el peso fresco que poseen dando un ligero error en la relación peso fresco-peso seco.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M., Vargas, J., Velásquez, A. y Etchevers, J. (2002). Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia*, 36(6), 725–736.
- Acosta, M., Carrillo, F. y Díaz, M. (2009) Determinación del carbono total en bosques mixtos de *Pinus patula* Schl. Et Cham. *Terra Latinoamericana*, 27(2) 105-114.
- Aguirre, Z., Quizhpe, W. y Pinza, D (2018). Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 25 (3): 939-952. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>
- Alcántara, V. y Padilla, E. (2005). Análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub> y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo. *Revista de Economía Crítica*, 4,1-33.
- Alvarado, I. y Cobos, C. (2019). *Relaciones entre la estructura y cobertura arbórea con el carbono almacenado en bosques montanos Andinos en el macizo del Cajas, Azuay-Ecuador*. [Trabajo de grado, Universidad de Cuenca.] Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33587>
- Álvarez G. (2008). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia*. [Tesis de Maestría, CATIE]. Repositorio institucional CATIE. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4357?show=full>
- Araujo, T., Higuchi, N. y Carvalho, J. (1999). Comparison of formula for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Par Brazil [Comparación de la fórmula para la determinación del contenido de biomasa en un sitio de bosque húmedo tropical en el estado de Par, Brasil]. *Forest Ecology and Management*, 117,43-52. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112798004708>
- Arce, R. (2013). Ordenamiento Territorial y Cambio Climático Metodología para incorporar Cambio Climático y Gestión del Riesgo de Desastres en procesos de OT.GIZ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/Manual\\_8-OTyCC.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/Manual_8-OTyCC.pdf)
- Avendaño, D., Acosta, M., Carrillo, F., y Etchevers, J. (2009). Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Revista fitotecnia mexicana*, 32(3), 233-238. <https://n9.cl/8bf6>

- Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gómez, M. e Ibrahim., M. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 8: 32-35.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z. y Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono existente en el ecosistema páramo del Parque Nacional Yasuni, provincias de Loja y Zamora Chinchipe. *Cedamaz* 4, 45-52. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/download/237/220>.
- Beets, P., Kimberly, M., Oliver, G., Pearse, S., Graham, J. y Brandon, A. (2012). Allometric Equations for Estimating Carbon Stocks in Natural Forest in New Zealand [Ecuaciones alométricas para estimar las existencias de carbono en los bosques naturales de Nueva Zelanda]. *Forest* (3) 818-839. <https://www.mdpi.com/1999-4907/3/3/818>
- Benavides, H., y León Aristizabal, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. IDEAM.
- Benítez, J., Vidal, A., Rivero, M., Rodríguez J. (2006). Determinación de la biomasa total aérea en plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst de la provincia de Camagüey, Cuba. *Revista Forestal Baracoa*, 25 (1). 71-79
- Bosques Andinos (20 de octubre de 2019). Bosques Andinos y Cambio Climático. Los Bosques Andinos. Obtenido de <http://www.bosquesandinos.org/los-bosques-andinos/>
- Brandon, K. (2014). Ecosystem Services from Tropical Forests: Review of Current Science [Servicios de los ecosistemas de los bosques tropicales: revisión de la ciencia actual]. *Center for Global Development Working Paper*, 380, 1-86. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2622749>
- Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer. FAO <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.HTM>
- Chave, J., Coomes, D., Jansens, S., Lewis, S., Swenson, N. y Zanne, A. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum [hacia un espectro económico mundial de la madera]. *Ecology Letters*, 12, 351-366.
- Chave, J., Mechain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M., Delitti, W.B., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Péliissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G. y Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees [Modelos alométricos mejorados para estimar la biomasa aérea de árboles tropicales.]. *Global Change Biology*, (20), 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Ciesla, W. (1996). Cambio Climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto. FAO. <https://books.google.com.ec/books?id=DzoW7rZmY5QC>

- Cofre, D. (2017). *Composición florística, estructura y estimación de la biomasa vegetal de los páramos de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio digital de la Universidad Nacional de Loja.  
<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/9900/1/Daniel%20Rodrigo%20Cofre%20Betancourt.pdf>
- Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M., Postigo, J., y Peralvo, J. (2012). Panorama andino sobre cambio climático Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales.: CONDESAN-SGCAN.
- Cuesta, F., Peralvo, M., y Valarezo, N. (2009). Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERACION. <https://www.bivica.org/files/bosques-montanos.pdf>
- ECOLAP y MAE. (2007). Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM.
- FAO. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. FAO. ISBN 92-5-304690-2
- FAO. (2006). FAO. Los bosques y el cambio climático. Sala de Prensa. <http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>
- FAO (2017). Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. <http://www.fao.org/3/b-i6937s.pdf>
- FAO - Finlandia, UN-REDD, MAE (2011). Manual de campo de la Evaluación Nacional Forestal – Ecuador. MAE
- FOCER. (2002). Biomasa. Manual sobre energía renovable. BUN-CA. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/BUNCA2002Biomasa.pdf>
- Greenpeace (2018). Imágenes y datos: Así nos afecta el cambio climático. GREENPEACE. <https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/informes/informe-asi-nos-afecta-el-cambio-climatico/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2019). Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global. IPCC. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/58131.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC. (2001). Carbon Dioxide Capture and Storage. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs\\_wholereport-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_wholereport-1.pdf)

- Humantupa, I., Luza, M., Alfaro, C., Ururi, M., Human, W., Pedraza, M y Peralvo, M. (2017). Diversidad y Biomasa Arborea en los Bosques Andinos del Santuario Nacional del Ampay, Apurímac – Perú. *Q'EUÑA*, 8, 07-26
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, Ponce, G., Vega, P., Casasola, F. y Rojas J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforesteria en las Americas*, 45, 27- 36.
- Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. México: Colegio de Ingenieros Ambientales de México.
- Jumbo, C. y Arévalo, D. (2017). Carbon measurement of the natural forest Arboreo Stratum, Tinajillas-Limon Indanza [Medición de carbono del bosque natural Arboreo Stratum, Tinajillas-Limon Indanza]. *La Granja*, 27, 51-63. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04>
- Luza, I. (2013). Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú. *Revista ECIPerú*, 11(2), 74-82. <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2014.0012/>
- MAE (2014). Plan de Manejo del Parque Nacional Podocarpus. MAE. <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/Plan%20de%20Manejo%20Podocarpus%2017abril2014%20FIN.pdf>
- MAE (2015). Evaluación Nacional Forestal de Ecuador, un proceso en construcción hacia el monitoreo de los bosques y la biodiversidad. MAE. <https://n9.cl/4bxem>
- MARENA. (2000). Inventario nacional de gases de efecto invernadero de nicaragua. Proyecto Primera Comunicación Nacional, MARENA.
- Martinez, J., y Fernández, A. (2004). Cambio Climatico: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología. <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/129>
- Montaño, M., Ayala, F., Bullock, S., Briones, O., Garcia, F., García, R., García S., Maya, Y., Perroni, C., Siebe, Y., Tapia T., Troyo y Yépez, E. (2016). Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México: Síntesis Y Perspectivas. *Tierra Latinoamericana*, 34, 39-54. <http://dSPACE.cibnor.mx:8080/handle/123456789/738>
- Moser, G., Leuschner, C., Hertel, D., Graefe, S., Soethe, N. y Lost, S. (2011). Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (SEcuador): the role of the belowground compartment. *Global Change Biology*, 17, 2211-2226.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858 <https://www.nature.com/articles/35002501>

- Nasi, R., Dennis, R., Meijaard, E., Applegate, G., y P. Moore, P. (2001). Los incendios forestales y la diversidad biológica. FAO. <http://www.fao.org/3/y3582s/y3582s08.htm>
- Pacha, M. (2014). Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones: Bases conceptuales y lecciones aprendidas en la Amazonía.. Iniciativa Amazonia Viva. [https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/05\\_11\\_2014\\_wwf\\_ecosystems\\_esp\\_final\\_internet\\_150dpi\\_\\_spread.pdf](https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/05_11_2014_wwf_ecosystems_esp_final_internet_150dpi__spread.pdf)
- Pardos, J. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global.. INIAN. [http://www.inia.es/gcontrec/pub/60587OT\\_LIBRO\\_WEB\\_1277883079734.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/60587OT_LIBRO_WEB_1277883079734.pdf)
- Pearson, T., Walker, S. y Brown, S. (2005). Sourcebook for Land use, land-use change and forestry projects. Biocarbon Fund. Winrock International. <http://hdl.handle.net/10986/16491>
- Pérez, C., locatelli, B., Vignola, R. e Imbach, P. (2008). Importancia de los bosques tropicales en las políticas de adaptación al cambio climático. *Recursos Naturales y Ambiente*. 51(52),4-11
- PNUMA (2005). La Ciudad Ambiental Global. Manual para docentes de educación básica de América Latina y El Caribe. Programa de Las Naciones Unidas para El Medio Ambiente.
- Schlegel, B., Gayoso, J. y Guerra, J. (2001). Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia CL. [https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Manual\\_de\\_procedimiento\\_para\\_inventarios\\_de\\_carbono\\_en\\_ecosistemas\\_forestales.pdf](https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Manual_de_procedimiento_para_inventarios_de_carbono_en_ecosistemas_forestales.pdf)
- Segura, M., y Andrade, H. (2008). ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? *Agroforestería en las Américas*,5(46), 89-96. <http://hdl.handle.net/11554/6935>
- Tejedor, N., Álvarez, E., Caro, S., Murakami, A., Blundo, C., Boza, T., La Torre, M., Gaviria, J (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2),148-166.
- Vargas, A., y Yáñez, A. (2004). La captura de carbono en bosques; Una herramienta para la gestión ambiental?. *Gaceta Ecológica*, 70, 5-56. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882569.pdf>
- Unión Europea (2010). Bienes y Servicios Ecosistémicos: La Humanidad necesita «bienes y servicios ecosistémicos. Unión Europea. [http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Ecosystems%20goods%20and%20Services/Ecosystem\\_ES.pdf](http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Ecosystems%20goods%20and%20Services/Ecosystem_ES.pdf).

Useros, J. (2012). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Revista de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, 50, 71-98.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4817473.pdf>.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Densidades para casos en los que hubo vacíos de información

N°	Individuo	Densidad Utilizada
1	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	promedio de densidades de especies del mismo género
2	<i>Gynoxys</i> sp.	<i>Gynoxys laurifolia</i> (Kunth) Cass
3	<i>Ocotea</i> sp.	promedio de densidades de especies del mismo género
4	<i>Ocotea</i> sp1.	promedio de densidades de especies del mismo género
5	<i>Meriania rigida</i> (Benth.) Triana	<i>Meriania furvanthera</i> Wurdackal
6	<i>Meriania tomentosa</i> (Cogn.) Wurdack	<i>Meriania furvanthera</i> Wurdackal
7	<i>Myrcia lojensis</i> B. Holst & M. L	Densidad del género
8	<i>Geissanthus</i> sp.	promedio de <i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly y <i>Geissanthus andinus</i> Mez
9	<i>Palicourea</i> spp.	Densidad del género
10	<i>Miconia</i> spp.	Promedio de <i>Miconia jahnii</i> Pittier, <i>Miconia radula</i> Cogn. Y <i>Miconia</i> sp.



Anexo 2. Densidades usadas para estimar la biomasa de las especies de arboles

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	DENSIDAD (G/CM <sup>3</sup> )
<i>Ilex rimbachii</i> Standl.	Aquifoliaceae	0,65
<i>Aiouea dubia</i> (Kunth) Mez	Lauraceae	0,563
<i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana	Melastomataceae	0,657
<i>Beilschmiedia</i> spp.	Lauraceae	0,670
<i>Brunelia</i> sp.	Brunelliaceae	0,437
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng	Clethraceae	0,491
<i>Clusia alata</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	0,706
<i>Clusia elliptica</i> Kunth	Clusiaceae	0,606
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	0,603
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H.Rob.	Asteraceae	0,640
<i>Drimys granadensis</i> L.f.	Winteraceae	0,441
<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G.Don	Loranthaceae	0,516
<i>Geissanthus andinus</i> Mez	Primulaceae	0,645
<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly	Primulaceae	0,782
<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H.Keng	Theaceae	0,597
<i>Graffenrieda harlingii</i> Wurdack	Melastomataceae	0,519
<i>Gynoxys laurifolia</i> (Kunth) Cass.	Asteraceae	0,556
<i>Hedyosmum purpurascens</i> Todzia	Chloranthaceae	0,488
<i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll.Arg.	Phyllanthaceae	0,442
<i>Ilex laurina</i> Kunth	Aquifoliaceae	0,625
<i>Ilex myricoides</i> Kunth.	Aquifoliaceae	0,674
<i>Ilex rupicola</i> Kunth.	Aquifoliaceae	0,635
<i>Ilex weberlingii</i> Loizeau & Spichiger	Aquifoliaceae	0,608
<i>Ilex teratopsis</i> Loes	Aquifoliaceae	0,575
<i>Meliosma</i> sp.	Sabiaceae	0,594
<i>Meriania furvanthera</i> Wurdack	Melastomataceae	0,486
<i>Miconia jahnii</i> Pittier	Melastomataceae	0,698
<i>Miconia jahnii</i> Pittier	Melastomataceae	0,636
<i>Miconia</i> sp2	Melastomataceae	0,655
<i>Miconia radula</i> Cogn.	Melastomataceae	0,614
<i>Myrcia</i> spp.	Myrtaceae	0,774
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	0,663
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult	Primulaceae	0,647
<i>Ocotea infrafoveolata</i> van der Werff	Lauraceae	0,499
<i>Ocotea rotundata</i> van der Werff	Lauraceae	0,636
<i>Oreopanax sessiliflorus</i> (Benth.) Decne. & Planch	Araliaceae	0,601
<i>Oreopanax ecuadoriensis</i> Seem.	Araliaceae	0,640
<i>Palicourea azurea</i> C.M.Taylor	Rubiaceae	0,511
<i>Palicourea</i> spp.	Rubiaceae	0,544
<i>Persea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	0,589
<i>Persea weberbaueri</i> Mez	Lauraceae	0,633
<i>Prunus</i> sp2	Rosaceae	0,606

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	DENSIDAD (G/CM <sup>3</sup> )
<i>Prunus</i> spp.	Rosaceae	0,47
<i>Prunus huantensis</i> Pilg.	Rosaceae	0,72
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Rosaceae	0,81
<i>Schefflera acuminata</i> (Pav.) Harms	Araliaceae	0,508
<i>Schefflera</i> sp.	Araliaceae	0,504
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	Siparunaceae	0,399
<i>Styrax foveolaria</i> Perkins	Styracaceae	0,546
<i>Symplocos bogotensis</i> Brand	Symplocaceae	0,560
<i>Symplocos canescens</i> B. Ståhl	Symplocaceae	0,567
<i>Symplocos coriacea</i> A. DC	Symplocaceae	0,556
<i>Symplocos fuscata</i> B. Ståhl	Symplocaceae	0,598
<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	Theaceae	0,603
<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	Cunoniaceae	0,611
<i>Weinmannia glabra</i> var. <i>caripensis</i> (Kunth) Engl.	Cunoniaceae	0,542
<i>Weinmannia ovata</i> Cav.	Cunoniaceae	0,623
<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Cunoniaceae	0,602
<i>Weinmannia loxensis</i> Harling	Cunoniaceae	0,635
<i>Zinowiewia madsenii</i> C. Ulloa & P. Jørg.	Celastraceae	0,601

**Fuentes:** Proyecto RESPECT, Environmental changes in biodiversity hotspot ecosystems of South Ecuador: Response and feedback effects (FOR2730). Subproyecto: B1 Linking tree above- and belowground traits across environmental and disturbance gradients in highly diverse tropical montane forests. y Global Wood Density Database <http://db.worldagroforestry.org/wd>

Anexo 3. Cálculo biomasa para hierbas y arbustos

Parcela	Hierbas			Arbustos			
	N°	Peso verde (gr)	Peso seco (gr)	Biomasa (gr)	Peso verde (gr)	Peso seco (gr)	Biomasa (gr)
1		173	22,3	22,3	740,9	209,5	209,5
2		433,8	68,8	68,8	1805,5	761,1	2710,53
3		101,6	17,7	17,7	444,8	103,3	103,3
4		734,3	174,4	174,4	799,9	164,6	164,6
5		30,5	4,4	4,4	179,9	35,2	35,2
6		1286	228,5	228,5	997	309,8	309,8
7		812,6	161,5	161,5	245,6	50,2	50,2
8		420,3	71,5	71,5	112,1	26,6	26,6
9		346,1	56,9	56,9	329,5	73,9	73,9
10		798,8	130,8	130,8	522,3	135,1	135,1
11		78,8	10,6	10,6	371,5	50,5	50,5
12		64,1	4,5	4,5	35,9	7,9	7,9
13		388,4	108,9	108,9	433	152	152
20		31	5,9	5,9	70,6	22,4	22,4
19		81,2	13,4	13,4	169,9	53,9	53,9
14		113	15,4	15,4	4261	668,7	668,7
15		120	20,7	20,7	416,7	154,8	154,8
16		705	221,4	221,4	264,5	71,6	71,6
17		197,6	30,2	30,2	228,5	56,6	56,6
18		199,6	30,3	30,3	56	11,2	11,2
TOTAL (80m <sup>2</sup> )		7115,7	1398,1	1398,1	12485,1	3118,9	5068,3

Anexo 4. Cálculo de biomasa para *Rhipidocladum harmonicum* (Parodi) McClure

N°	L (m)	DAP (cm)	Peso Verde (g)	Peso Seco (g)	Biomasa (g)
1	8,98	1,25	945,3	472	472
2	7,74	1,59	831,1	403,3	403,3
3	9,87	1,55	889,4	408,4	408,4
4	8,45	2,5	1606,4	763,5	763,5
5	9,86	1,94	1263,3	541,1	541,1
6	10,1	2	2285,8	925,8	925,8
7	6	1,58	426,5	172,6	172,6
8	4,96	1,2	458,8	311,8	311,8
9	10,16	2,1	2653,3	1033,4	1033,4
10	8,3	1,91	1786,4	851,5	851,5
11	8,66	1,8	2132,8	940,5	940,5
12	10,05	2	1570,6	778,9	778,9
13	9,57	2,05	1725,5	909,2	909,2
14	6,3	1,55	765,6	357,1	357,1
15	8,23	1,22	1004,7	474,8	474,8
16	9,29	1,5	941,1	426,6	426,6
17	7,99	1,33	797,7	337,9	337,9
18	6	1,22	545,8	279,3	279,3
19	8,67	1,5	1044,4	451,9	451,9
20	7,05	2,2	735,4	499,1	499,1
21	6,95	1,8	525,4	143,1	143,1
22	9,44	1,47	1001	416,2	416,2
23	9,1	1,66	1155	485,3	485,3
24	6,85	1,22	817,1	356,7	356,7
25	8,05	1,56	832,8	329,9	329,9
26	4,98	1,65	646,5	182,4	182,4
27	8,3	1,77	602,2	251,7	251,7
28	9,49	1,5	941,3	749	749
29	9	1,8	858,5	360,9	360,9
30	9,67	2,01	1203,7	470,6	470,6
PROMEDIO					502,82

Anexo 5. Biomasa y carbono por especies para el estrato arbóreo.

Nº	Nombre Científico	FAMILIA	Biomasa (kg)	Carbono (kg)	Carbono %
1	<i>Aiouea dubia</i> (Kunth) Mez	Lauraceae	879,33	439,66	0,62
2	<i>Beilschmiedia</i> sp.	Lauraceae	3447,15	1723,57	2,43
3	<i>Brunellia</i> sp.	Brunelliaceae	1753,01	876,51	1,24
4	<i>Cinchona krauseana</i> L.Andersson	Rubiaceae	145,68	72,84	0,1
5	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng	Clethraceae	3978,35	1989,17	2,81
6	<i>Clusia alata</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	482,28	241,14	0,34
7	<i>Clusia elliptica</i> Kunth	Clusiaceae	2527,31	1263,65	1,78
8	<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H.Rob.	Asteraceae	1199,37	599,69	0,85
9	<i>Cyathea atahuallpa</i> (R.M. Tryon) Lellinge	Cyatheaceae	6,74	3,37	0
10	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	Cyatheaceae	435,01	217,5	0,31
11	<i>Cyathea patens</i> hort. ex Houlston & Moore	Cyatheaceae	275,95	137,97	0,19
12	<i>Cyathea</i> sp.	Cyatheaceae	99,26	49,63	0,07
13	<i>Cyathea</i> sp1.	Cyatheaceae	9,01	4,5	0,01
14	<i>Cyathea straminea</i> (A. Gepp) Alderw.	Cyatheaceae	125,1	62,55	0,09
15	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook	Dicksoniaceae	474,22	237,11	0,33
16	<i>Dioicodendron dioicum</i> (K.Schum. & K.Krause) Steyerm.	Rubiaceae	30,46	15,23	0,02
17	<i>Drimys granadensis</i> L.f.	Winteraceae	1038,98	519,49	0,73
18	<i>Faramea</i> sp.	Rubiaceae	108,27	54,14	0,08
19	<i>Faramea</i> sp1.	Rubiaceae	147,13	73,57	0,1
20	<i>Faramea</i> sp2.	Rubiaceae	50,84	25,42	0,04
21	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G.Don	Loranthaceae	5286,61	2643,3	3,73
22	<i>Geissanthus andinus</i> Mez	Primulaceae	136,24	68,12	0,1
23	<i>Geissanthus</i> sp.	Primulaceae	235,67	117,83	0,17
24	<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly	Primulaceae	1973,67	986,83	1,39
25	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H.Keng	Theaceae	16387,13	8193,57	11,56
26	<i>Graffenrieda harlingii</i> Wurdack	Melastomataceae	55,1	27,55	0,04
27	<i>Gynoxys laurifolia</i> (Kunth) Cass.	Asteraceae	397,58	198,79	0,28
28	<i>Gynoxys</i> sp.	Asteraceae	231,61	115,8	0,16
29	<i>Gynoxys</i> sp1.	Asteraceae	34,62	17,31	0,02
30	<i>Gynoxys</i> sp2.	Asteraceae	27,99	13,99	0,02
31	<i>Hedyosmum purpurascens</i> Todzia	Chloranthaceae	7922,98	3961,49	5,59
32	<i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll.Arg.	Phyllanthaceae	154,91	77,46	0,11
33	<i>Ilex laurina</i> Kunth.	Aquifoliaceae	11493,07	5746,54	8,11
34	<i>Ilex myricoides</i> Kunth.	Aquifoliaceae	273,48	136,74	0,19
35	<i>Ilex rupicola</i> Kunth.	Aquifoliaceae	8051,66	4025,83	5,68
36	<i>Ilex</i> sp.	Aquifoliaceae	514	257	0,36
37	<i>Ilex weberlingii</i> Loizeau & Spichiger	Aquifoliaceae	377,8	188,9	0,27
38	<i>Maytenus</i> sp.	Celastraceae	25,48	12,74	0,02
39	<i>Meliosma meridensis</i> Lasser	Sabiaceae	455,18	227,59	0,32
40	<i>Meriania furvanthera</i> Wurdack	Melastomataceae	802,48	401,24	0,57
41	<i>Meriania rigida</i> (Benth.) Triana	Melastomataceae	202,01	101	0,14

N°	Nombre Científico	FAMILIA	Biomasa (kg)	Carbono (kg)	Carbono %
42	<i>Miconia jahnii</i> Pittier	Melastomataceae	451,33	225,66	0,32
43	<i>Miconia sp.</i>	Melastomataceae	379,59	189,79	0,27
44	<i>Miconia sp1.</i>	Melastomataceae	685,06	342,53	0,48
45	<i>Miconia sp2</i>	Melastomataceae	1197,1	598,55	0,84
46	<i>Miconia sp3</i>	Melastomataceae	41,98	20,99	0,03
47	<i>Miconia sp4</i>	Melastomataceae	1748,07	874,03	1,23
48	<i>Miconia sp5</i>	Melastomataceae	1067,12	533,56	0,75
49	<i>Myrcia lojensis</i> B. Holst & M. L	Myrtaceae	316,43	158,22	0,22
50	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	2578,37	1289,18	1,82
51	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult	Primulaceae	1720,98	860,49	1,21
52	<i>Ocotea infrafoveolata</i> van der Werff	Lauraceae	1044,34	522,17	0,74
53	<i>Ocotea rotundata</i> van der Werff	Lauraceae	2739,36	1369,68	1,93
54	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae	1087,57	543,79	0,77
55	<i>Ocotea sp1.</i>	Lauraceae	106,9	53,45	0,08
56	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	968,72	484,36	0,68
57	<i>Oreopanax sessiliflorus</i> (Benth.) Decne. & Planch	Araliaceae	2575,27	1287,63	1,82
58	<i>Palicourea sp</i>	Rubiaceae	135,65	67,83	0,1
59	<i>Palicourea sp1.</i>	Rubiaceae	28,08	14,04	0,02
60	<i>Palicourea sp2.</i>	Rubiaceae	16,48	8,24	0,01
61	<i>Palicourea sp3.</i>	Rubiaceae	42,83	21,42	0,03
62	<i>Palicourea sp4.</i>	Rubiaceae	51,17	25,59	0,04
63	<i>Palicourea sp5.</i>	Rubiaceae	20,86	10,43	0,01
64	<i>Palicourea sp6.</i>	Rubiaceae	25,03	12,52	0,02
65	<i>Persea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	73,2	36,6	0,05
66	<i>Prunus sp.</i>	Rosaceae	2619,14	1309,57	1,85
67	<i>Ruagea sp.</i>	Meliaceae	29,65	14,83	0,02
68	<i>Schefflera acuminata</i> (Pav.) Harms	Araliaceae	1245,87	622,94	0,88
69	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	Siparunaceae	523,45	261,73	0,37
70	<i>Solanum barbulatorum</i> Zahlbr.	Solanaceae	33,2	16,6	0,02
71	<i>Styrax foveolaria</i> Perkins	Styracaceae	60,01	30	0,04
72	<i>Symplocos bogotensis</i> Brand	Symplocaceae	39,61	19,8	0,03
73	<i>Symplocos canescens</i> B. Ståhl	Symplocaceae	502,49	251,25	0,35
74	<i>Symplocos coriacea</i> A. DC	Symplocaceae	2161,81	1080,91	1,53
75	<i>Symplocos fuscata</i> B. Ståhl	Symplocaceae	1738,53	869,26	1,23
76	<i>Symplocos sp.</i>	Symplocaceae	71,47	35,74	0,05
77	<i>Ternstroemia macrocarpa</i> Triana & Planch.	Pentaphragmaceae	5707,56	2853,78	4,03
78	<i>Viburnum Sp.</i>	Adoxaceae	310,98	155,49	0,22
79	<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	Cunoniaceae	4479,18	2239,59	3,16
80	<i>Weinmannia glabra</i> var. <i>caripensis</i> (Kunth) Engl.	Cunoniaceae	164,93	82,47	0,12
81	<i>Weinmannia ovata</i> Cav.	Cunoniaceae	101,69	50,85	0,07
82	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Cunoniaceae	27164,02	13582,01	19,17
83	<i>Zinowiewia madsenii</i> C. Ulloa & P. Jørg.	Celastraceae	3403,23	1701,61	2,4
<b>Total</b>			<b>141711,05</b>	<b>70855,53</b>	<b>141711,05</b>