

**ESTIMACIÓN DE BIOMASA FORESTAL Y CAPACIDAD DE CAPTURA  
DE CARBONO DE LAS ESPECIES FORESTALES  
*Weinmannia tomentosa* Y *Myrcianthes sp.*  
RESERVA FORESTAL PROTECTORA EL MALMO  
(VEREDA BARÓN GERMANIA - TUNJA-BOYACÁ)**

**CLAUDIA MARCELA PÁEZ MENDOZA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**TUNJA**

**2014**

**ESTIMACIÓN DE BIOMASA FORESTAL Y CAPACIDAD DE CAPTURA  
DE CARBONO DE LAS ESPECIES FORESTALES  
*Weinmannia tomentosa* Y *Myrcianthes sp.*  
RESERVA FORESTAL PROTECTORA EL MALMO  
(VEREDA BARÓN GERMANIA- TUNJA-BOYACÁ)**

**CLAUDIA MARCELA PÁEZ MENDOZA**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Agroforestal**

**Directora  
Andrea García Cabana  
Ingeniera Forestal**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**TUNJA**

**2014**

# TABLA DE CONTENIDO

<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>1 PROBLEMA</u></b>	<b><u>2</u></b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
<b><u>2 JUSTIFICACIÓN</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>3 ESTADO DEL ARTE</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>4 OBJETIVO</u></b>	<b><u>7</u></b>
4.1 OBJETIVO GENERAL	7
4.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
<b><u>5 MARCO TEÓRICO</u></b>	<b><u>8</u></b>
5.1 CALENTAMIENTO GLOBAL	8
5.2 EFECTO INVERNADERO	9
5.3 HUELLA DE CARBONO	9
5.4 BIOMASA	11
5.5 ECUACIONES ALOMÉTRICAS	12
<b><u>6 METODOLOGÍA</u></b>	<b><u>13</u></b>
6.1 AREA DE ESTUDIO	13
6.1.1 ANÁLISIS CLIMÁTICO	14
6.2 PLANIFICACIÓN	15
6.2.1 COMPARTIMIENTO DE CARBONO A MEDIR	15
6.3 FASE DE CAMPO	16
6.3.1 SELECCIÓN DE ÁREAS DE MUESTREO Y DELIMITACIÓN DE PARCELAS	17
6.3.2 MUESTREO DE PLANTAS LEÑOSAS	18

• MEDICIÓN DEL DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (DAP)	18
• ALTURA COMERCIAL O DEL FUSTE (Hf)	19
• ALTURA TOTAL (HT)	19
6.3.3 COLECCIÓN MUESTRAS VEGETALES	19
<b>6.4 FASE DE LABORATORIO</b>	<b>20</b>
<b>6.5 FASE ANALISIS DE DATOS</b>	<b>21</b>
6.5.1 CÁLCULO DE REPRESENTATIVIDAD	21
6.5.2 ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA	22
<b>6.6 RESULTADOS</b>	<b>25</b>
6.6.1 CALCULO DE REPRESENTATIVIDAD	26
6.6.2 BIOMASA AEREA	29
<b>6.7 PROPUESTA DE DISEÑO FLORÍSTICO</b>	<b>29</b>
6.7.1 ESQUEMA SERAL Y DISTRIBUCIÓN	31
6.7.2 PROPUESTAS DE DISEÑO	33
<b>6.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>36</b>
<b><u>7 CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>37</u></b>
<b><u>8 RECOMENDACIONES</u></b>	<b><u>38</u></b>
<b><u>9 BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>39</u></b>
<b><u>ANEXOS</u></b>	<b><u>42</u></b>

## LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN 1: UBICACIÓN RESERVA FORESTAL PROTECTORA EL MALMO	13
IMAGEN 2: UBICACIÓN DE PARCELAS (IMAGEN SATELITAL)	17
IMAGEN 3: ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS	18
IMAGEN 4: MEDICIÓN DE PARCELAS	18
IMAGEN 5: MEDICIÓN DE CAP	19
IMAGEN 6: RECOLECCIÓN MUESTRAS VEGETALES	20
IMAGEN 7: CARACTERÍSTICAS CORTEZA	20
IMAGEN 8: PRESENCIA DE EPIFITISMO	25
IMAGEN 9: ÁREA DE REFORESTACIÓN	26

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: DISTRIBUCIÓN NÚMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE	28
GRÁFICO 2: DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES SEGÚN SU FUNCIÓN EN UN ARREGLO FLORÍSTICO	31
GRÁFICO 3: PATRÓN DE PLANTACIÓN AL TRES BOLILLO	32
GRÁFICO 4: DISEÑO FLORÍSTICO NO. 1	33
GRÁFICO 5: DISEÑO FLORÍSTICO NO. 2	34

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1: MATRIZ DE RECOMENDACIONES PARA SELECCIONAR LOS COMPARTIMIENTOS DE CARBONO QUE SE DEBEN MEDIR EN LOS PROYECTOS REDD	16
TABLA 2: ECUACIONES ALOMÉTRICAS RECOMENDADAS PARA EL CÁLCULO DE BIOMASA EN BOSQUES NATURALES	23
TABLA 3: CALCULO DE IVI	27
TABLA 4: FICHA TÉCNICA ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO	30
TABLA 5: CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO	34
TABLA 6: CAPACIDAD DE CAPTURA DE CO <sub>2</sub>	35
TABLA 7: INVENTARIO FORESTAL 4 PARCELAS	42

## **INTRODUCCIÓN**

El cambio climático mundial, asociado al aumento potencial de temperatura en la superficie del planeta, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrentan en el presente siglo (Bolín, 1986). Las altas emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), generadas por el hombre con el desarrollo diario de actividades como la quema de combustibles fósiles, la transformación de los bosques en terreno agrícola generan grandes consecuencias para el desarrollo humano. Actualmente están siendo consideradas, en el ámbito nacional y mundial estrategias para la adaptación y mitigación de las consecuencias del efecto invernadero (Ciesla, 1996).

Los bosques ofrecen oportunidades para mitigar en parte los efectos previstos del cambio climático, y son considerados sumideros de carbono debido a su capacidad de almacenar carbono en su vegetación y suelos a través del proceso de fotosíntesis y respiración (Brown S. , 1997), proceso en el cual influyen variable como especies de árboles, índices de crecimiento, longevidad, sitio, precipitación anual, duración del turno de rotación etc.

El presente trabajo busca estimar la biomasa forestal aérea y la capacidad de captura de carbono de las especies forestales más representativas de la Reserva Forestal Protectora El Malmo, mediante un método indirecto.

Los resultados obtenidos permitirán establecer una metodología para estimar la captura de co<sub>2</sub> en especies forestales nativas, y dejar una herramienta por medio de la cual se reconozca y se valore el aporte que tiene estas especies dentro del contexto del cambio climático.

# 1 PROBLEMA

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático, provocado por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (en adelante GEI) y en especial del CO<sub>2</sub>, es el azote de nuestro tiempo y existen evidencias considerables de que la mayor parte del calentamiento global ha sido causado por las actividades humanas. Hoy día, casi todas las actividades que realizamos (movilidad, alimentación, etc.) y bienes que poseemos y utilizamos (bienes de consumo, hogar, etc.) implican consumir energía, lo que significa contribuir con emisiones a la atmósfera. (Carbono, 2009)

El protocolo de Kioto y las subsecuentes conferencias de las partes de la convención de Cambio Climático, han despertado interés sobre el potencial de los ecosistemas forestales y agroforestales para fijar carbono, ya que la única forma de limpiar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera es a través de la fotosíntesis. Considerar este servicio ambiental y evaluarlo en términos ecológicos puede estimular proyectos forestales dentro del marco del mecanismo de Desarrollo Limpio (Benitez, De Koning, López, & Paredes, 2002) Así, para contrarrestar las emisiones de carbono (C), un número creciente de empresas y agencias de gobierno de diferentes países están considerando planes para establecer plantaciones, mejorar el manejo del bosque, preservar bosques naturales e impulsar prácticas agroforestales.

Sin embargo, y tal como lo afirma (Agudelo Guirnalda, 2009), en Colombia son pocos los estudios de biomasa aérea forestal, coincidiendo con lo expuesto por (Perez & Díaz, 2010) quienes expresan que los modelos desarrollados para la estimación de biomasa, se han enfocado en estimar el contenido de carbono principalmente para plantaciones de coníferas, géneros como *Pinus spp.*, *Eucalyptus sp.*, y en especies como *Hevea brasiliensis*, *Bactris gasipaes*,

*Schizolobium parahybum*, *Centrolobium tomentosum*, y para el caso de bosques naturales, los estudios se han enfocado en la amazonia, lo que hace que se presenten limitaciones en el uso de los modelos alométricos, ya que las condiciones que rigen el crecimiento de los árboles son muy distintas.

Esta limitada información en relación con especies forestales propias del altiplano boyacense, hace que el adelanto de proyectos de mitigación de huella de carbono en esta zona del país, mediante actividades forestales, no cuenten con un respaldo científico que evidencie la cantidad de carbono que puede captar una especie o una plantación forestal, durante un periodo de tiempo, lo cual es indispensable para evaluar la eficacia y eficiencia del programa o proyecto.



## 2 JUSTIFICACIÓN

Además de los servicios ambientales de provisión, soporte y regulación que ofrece el bosque, como el mantenimiento del ciclo hidrológico, la producción de madera y productos derivados entre otros, los bosques desempeñan un papel primordial en el ciclo global del carbono, porque almacena grandes cantidades de Carbono en la vegetación y el suelo, intercambian carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración y se convierten en sumideros de carbono atmosférico (Brown, 1997).

Por las razones anteriormente expuestas, y a partir del protocolo de Kioto, en que se instauran compromisos de reducción de las emisiones de GEI, el uso de especies forestales representan un gran potencial y una opción para mitigar estas emisiones, a través de la absorción de CO<sub>2</sub>, estableciendo prácticas de restauración de bosques y el establecimiento de plantaciones que capturen CO<sub>2</sub>. (Gayoso & Schlegel, 2001).

Sin embargo, para evaluar la efectividad de los proyectos forestales encaminados a la mitigación de huella de carbono, y dada la directa relación que tiene el contenido de carbono con el contenido de biomasa (aproximadamente el 50%) (Brown, 1997), surge la necesidad de la estimación de biomasa con el fin de determinar la capacidad de captura de las especies que se quieren utilizar para tal propósito.

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD y la empresa Proactiva Aguas De Tunja S.A. E.S.P, Entidades comprometidas con el medio ambiente y favorecedoras del desarrollo de actividades académicas encaminadas a la generación de nuevos conocimientos para la solución de problemáticas ambientales, han querido apoyar este trabajo de investigación con el fin de generar un modelo que permita determinar la potencialidad y el aporte de especies nativas del municipio de Tunja, como herramientas para la captura o secuestro de carbono y mitigación del cambio climático.

### 3 ESTADO DEL ARTE

Se dice que los ecosistemas forestales pueden absorber cantidades significativas de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), lo cual ha generado un interés considerable en incrementar el contenido de carbono en la vegetación terrestre mediante la conservación forestal, la reforestación, la agroforestería y otros métodos de manejo del suelo (Martínez & Fernandez, 2004)

Es indispensable aplicar actividades forestales por un tiempo determinado, con el fin de estimar la cantidad de carbono que puede almacenar una especie, un bosque o una plantación forestal. La tendencia actual de los estudios de biomasa forestal y agroforestal, tienen el propósito adicional de determinar la capacidad de secuestro que poseen las especies arbóreas ampliamente usadas para la reforestación e implementación de sistemas agroforestales. (Burgos Salcedo, 2004)

En Colombia se han reportado algunos estudios de biomasa forestal para este fin; tal es el caso de (Perez & Díaz, 2010) quienes en su investigación sobre estimación del carbono contenido en la biomasa forestal aérea de bosques andinos de Roble (*Quercus humboldtii Bonpl*) y Encenillo (*Weinmannia tomentosa L.f.*), utilizaron ecuaciones alométricas de biomasa, en función del diámetro a la altura del pecho DAP, adoptando en su estudio un muestreo indirecto, a partir de la cubicación en pie del árbol con base en medidas euclidianas, proyección de las ramas mediante la construcción y validación de un modelo de autosemejanza, y el cálculo de densidades para las principales especies de los bosques. Con este estudio obtuvieron 20 ecuaciones de la forma  $Y=aX^b$  (p-valor > 0,05 y  $R^2 > 70\%$ ) encontrándose que la biomasa fustal es en promedio 103,217 ton.ha<sup>-1</sup> para el bosque dominado por *Quercus humboldtii* y 113,036 ton.ha<sup>-1</sup> *Weinmannia tomentosa*. Los resultados obtenidos constituyen un importante aporte metodológico para las estimaciones de captura de CO<sub>2</sub> en zonas destinadas a la conservación, y una herramienta

para valorar la función de captura de CO<sub>2</sub> por bosques andinos.

De otra parte, (Orjuela, Segura, Andrade, & Bermúdez), desarrollaron modelos alométricos par estimar la biomasa de las especies (*Baccharis sp.*, *Miconia sp.* y *Weinmannia auriculata*). Probaron modelos genéricos mediante regresión general con variables lineales y transformándolas logarítmicamente, y encontraron que el DAP, estuvo altamente relacionado con la biomasa aérea y el modelo de mejor ajuste para la estimación de biomasa aérea total fue  $\ln(Bt) = -1.85 + 2.11 * \ln(dap)$ ; (Bt en kg/árbol y dap en cm), con un R<sup>2</sup> y R<sup>2</sup>-ajust = 0.94. y recomiendan utilizar modelos cuya variable de ingreso sean de fácil medición como el DAP.

Para el caso de estudio de (Agudelo Guinand, 2009) la biomasa aérea en los bosques de *Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa*, en el corredor Guantiva-La Rusia, en los departamentos de Santander y Boyacá fue estimada a partir de los parámetros medidos en campo, como altura, DAP y densidades de la madera con la ecuación de Brown (1997), que presentó el mejor ajuste para los bosques de roble. Este estudio concluyó que las estimaciones de biomasa y el contenido de carbono fueron relativamente altas, aclarando que los datos de producción de hojarasca sugieren que las variables más significativas fueron la época del muestreo y la ubicación de las parcelas; lo anterior para considerarlo en la variabilidad y el contenido de biomasa y contenido de carbono en los bosques de roble. Como resultado final el cálculo de biomasa para el bosque de *Colombobalanus excelsa* (353.39 t/ha) es 20% mayor a la calculada para el bosque de *Quercus humboldtii* (279.73 t/ha), debido quizás a que en el bosque de *Colombobalanus excelsa* se encontraron individuos de roble negro (*Colombobalanus excelsa*) con un DAP muy alto, mayores de 70 cm.

## 4 OBJETIVO

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Estimar la biomasa forestal y capacidad de captura de carbono de las especies forestales *Weinmannia tomentosa* Y *Myrcianthes sp.*, en la vereda Barón Germania- Tunja-Boyacá

#### 4.1.1 Objetivos específicos

- Estimar la biomasa forestal de las especies *Weinmannia tomentosa* Y *Myrcianthes sp.*, en la vereda Barón Germania, del municipio de Tunja en el departamento de Boyacá
- Estimar la capacidad de captura de carbono de las especies *Weinmannia tomentosa* Y *Myrcianthes sp.*, en la vereda Barón Germania, del municipio de Tunja en el departamento de Boyacá.
- Establecer una metodología de evaluación y cuantificación de la biomasa forestal.
- Elaborar un diseño florístico que permita reducir la huella de carbono de la empresa PROACTIVA AGUAS DE TUNJA S.A. E.S.P.

## 5 MARCO TEÓRICO

### 5.1 CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global es la alteración (aumento) de la temperatura del planeta, producto de la intensa actividad humana en los últimos 100 años. Este incremento de temperatura puede modificar la composición de los pisos térmicos, alterar las estaciones de lluvia y aumentar el nivel del mar. (Guillen, Polanco, & Sosa).

Las emisiones de dióxido de carbono, originadas principalmente en la combustión de hidrocarburos fósiles, tuvieron un crecimiento de tipo exponencial y a las mismas debemos sumarle las causadas por la deforestación. La prolongada permanencia de los GEI en la atmósfera, hacen que las emisiones tengan un efecto acumulativo. Esto combinado con el retardo con que las temperaturas del sistema climático se acomodan, a las nuevas concentraciones de los GEI, hacen que los mayores efectos se sientan después de varias décadas (Barros, 2005).

Vicente Barros, en su libro “Cambio Climático Global”, afirma que existen indicios que indican que en los últimos 30 años hubo un calentamiento global. Estos indicios hablan de la derretida general de los glaciares, el aumento de temperatura de la superficie del mar en al menos 0,6 oC, desde 1950, la temperatura nocturna aumentó más rápidamente que la temperatura diurna, la aceleración del ciclo hidrológico, fenómeno consistente con el calentamiento global al igual que lo es el enfriamiento de la estratósfera desde 1979 en más de 0,5 oC.

De otra parte, Magaña (citado en Fernández y Martínez, 2004) menciona que las anomalías del clima experimentadas en el último siglo, o por vivirse en próximas décadas podrían incluir alteraciones en las formas como actualmente se presentan. Eventos como el niño, más fuertes o intensos, huracanes de

mayor magnitud, ondas cálidas y frías más pronunciadas, son algunas de las formas como la atmósfera podría manifestar las alteraciones climáticas, resultado de la actividad humana.

## **5.2 EFECTO INVERNADERO**

No se puede hablar de calentamiento global sin hablar de efecto invernadero. La energía solar que llega al planeta es parcialmente reflejada por su superficie. Ahora bien, la presencia de varios gases en la atmósfera como el dióxido de carbono, el metano, dióxido nitroso y vapor de agua, reflejan hacia la superficie parte de esta energía solar, del mismo modo que sucede en un invernadero utilizado para la maduración de las flores: por eso se habla del efecto invernadero. Entonces si aumenta la concentración en la atmósfera de los llamados GEI, al incrementarse la parte de energía solar reflejada, se provoca un aumento adicional de la temperatura media de la atmósfera. (Vergara Jose M, 2009).

El efecto invernadero siempre ha existido, es consecuencia de la composición natural de la atmósfera y por él tenemos en la tierra una temperatura relativamente alta, que ha proporcionado el surgimiento y la evolución de la vida. Sin embargo, esta situación normal y natural ha sido alterada anormal y artificialmente por el progreso humano de los últimos siglos, debido a que la industrialización ha inyectado a la atmósfera CO<sub>2</sub> y otros GEI, procedentes de la quema de combustibles fósiles, (petróleo, gas natural, carbon mineral) la deforestación, actividades industriales, agropecuarias y domésticas. (Martínez Julian; Fernandez Adrian, 2004).

## **5.3 HUELLA DE CARBONO**

Es creciente la preocupación internacional por las consecuencias adversas del cambio climático, lo que está impulsando a las organizaciones e instituciones a profundizar su conocimiento respecto a los gases efecto invernadero y su dinámica. En este contexto, la huella de carbono se transforma en un indicador

internacionalmente reconocido, para comprender dicha dinámica. (Schneider & Samaniego, 2009)

La huella de carbono, es entonces la medida del impacto de todos los gases efecto invernadero producidos por nuestras actividades, ya sea de forma individual, colectiva, eventuales y de los productos, en el medio ambiente. Esta medida se refiere a la cantidad en toneladas o kilos en dióxido de carbono equivalente a gases efecto invernadero producida en el día a día, generada a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de transporte, energía, calefacción, entre otros procesos. (Schneider & Samaniego, 2009)

De acuerdo con lo descrito por (Monroy & Palacios, 2012) en América Latina hay una carencia de uniformidad en el marco metodológico disponible para la medición y cálculo de la huella de carbono, y aunque en general se caracteriza por unir iniciativas de etapa inicial, y según la CEPAL, su situación no ha cambiado en los últimos 2 años, hay evidencias de los inicios de una concientización y reacción, que varía según los países y sus orientaciones económicas. Colombia por su parte es uno de los países latinoamericanos que presenta preocupación por los impactos y costos de adaptación que pueden significar las orientaciones europeas y estadounidenses en materia de emisiones y huella de carbono. Sin embargo, tanto a nivel estatal como de la sociedad se observa que la concientización ha ido avanzando habiendo iniciativas relacionadas al tema, como es el caso del estudio sobre la HdC (huella de carbono) de flores de exportación a Europa. Los avances más significativos en términos de HdC se observan a través de iniciativas voluntarias privadas y de la sociedad civil. La posición del gobierno ha sido de espera y negociación de los impactos y soporte de gastos potencialmente generados por la implementación de las medidas proyectadas en Europa y los Estados Unidos. A nivel privado se han desarrollado distintas iniciativas voluntarias como la medición de la HdC en empresas y comunidades e iniciativas de compensación en empresas petroleras. (Espindola & Valderrama, 2012)

## 5.4 BIOMASA

El Diccionario Forestal De La Sociedad Española De Ciencias Forestales (Forestal, S.E.C.F., 2005) define biomasa, dentro del campo temático de la Ecología, como “ Conjunto de sustancias orgánicas de los seres vivos existentes en un determinado lugar”, y biomasa primaria como “materia orgánica correspondiente a la energía fijada a partir de la fotosíntesis de los vegetales”, mientras que la biomasa residual sería “biomasa resultante de algún tipo de actividad humana”. La Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588, define biomasa como “ Todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización. Se puede afirmar entonces que la biomasa o masa biológica, es la cantidad total de materia orgánica en el ecosistema, en determinado momento.

La biomasa puede ser aérea y subterránea, siendo la biomasa aérea la que mayor aporte genera a la biomasa total del bosque, aunque es importante mencionar que la biomasa del suelo y raíces pueden representar hasta un 40 % de la biomasa total del bosque (FAO, 1997).

Los estudios de biomasa son importantes porque enseñan la distribución de la materia orgánica en el sistema y se han usado con diferentes propósitos como: estimación de contenido de carbono en bosques, cuantificación en la cantidad de nutrientes en los ecosistemas, determinación de la fijación de energía en los ecosistemas forestales, descripción cuantitativa de ecosistemas y fuentes de biomasa disponible, evaluar cambios en la estructura del bosque, cuantificación de la cantidad de gases de efecto invernadero que no se libera evitando la deforestación y cuantificación del incremento y rendimiento de bosques y crecimiento y productividad; todos imprescindibles para comprender el ecosistema forestal, al igual que evalúan los efectos de la intervención sobre el ecosistema que repercuten en equilibrio del mismo. (Brown & Lugo, 1984).



## 5.5 ECUACIONES ALOMÉTRICAS

A escala de una población existe una relación estadística entre las diferentes medidas de un individuo (Gould, 1996). Esta relación se deriva del desarrollo ontogénico de los individuos que es la misma para todos, salvo la variabilidad asociada a la historia personal de cada uno. Así, las proporciones entre altura y diámetro, entre tamaño de la copa del árbol y el diámetro, entre la biomasa y el diámetro, obedecen a una regla que es la misma para todos los árboles que viven en las mismas condiciones, desde el más pequeño al más grande (King, 1996). Se trata del principio básico de la alometría que permite predecir una medida de un árbol (lo típico es su biomasa) en función de otra medida (por ejemplo, su diámetro). Una ecuación alométrica es una fórmula que señala de forma cuantitativa dicha relación.

Este es un método indirecto para la estimación de biomasa consiste en generar ecuaciones y modelos calculados a partir de los datos generados en inventarios forestales o variables colectadas en terreno mediante las cuales es posible estimar la biomasa a partir del volumen del árbol, en función de su densidad y un factor de expansión para determinar el peso seco total. (Brown & Lugo, 1984), donde los modelos de regresión se utilizan para convertir los datos de inventario en una estimación de la biomasa aérea (Chave, 2005).

Los métodos alométricos permiten predecir la producción de biomasa de forma no destructiva, sin embargo si se usan modelos para la estimación de biomasa que se hayan desarrollado en otras regiones, estos pueden presentar limitaciones, teniendo en cuenta que la variabilidad del ambiente puede influir en el régimen de crecimiento de los árboles. (Álvarez, 2008)

## 6 METODOLOGÍA

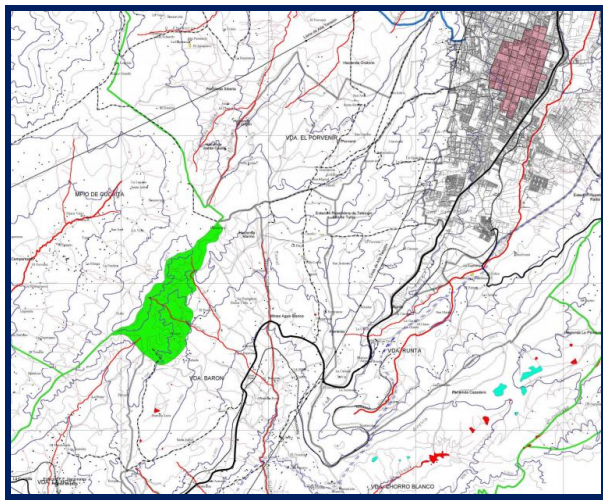
La presente investigación se desarrolló en el marco de metodología de investigación cuantitativa, bajo el método exploratorio debido a las pocas investigaciones realizadas en la zona de estudio.

### 6.1 AREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en la Reserva Forestal Protectora El Malmo, ubicada a 8 kilómetros de Tunja (Boyacá) en la vía Tunja, Bogotá, en la vereda Barón Germania sobre la falda sur occidental de la cuchilla conocida como Alto del Muerto, con rangos altitudinales entre los 3010 y los 3200 m.s.n.m., la cual tenía una extensión aproximada de 240 h pero los proceso de ajenación, han reducido su área a más de la mitad. Esta área fue declarada como Reserva Forestal Protectora por el INDERENA el 28 de octubre de 1976.

Los suelos que se encuentran en esta área y que forman parte de las veredas de los municipios de Tunja y Cucaita, pertenecen a suelos de tierras muy frías subhúmedas y semihúmedas de acuerdo con el clima y el relieve. Se encuentra dentro de un relieve quebrado, con cimas ligeramente agudas y largas laderas. (Herrera Martínez, 2005)

**Imagen 1: Ubicación Reserva Forestal Protectora El Malmo**



*Fuente: Alcaldía Mayor de Tunja*

### 6.1.1 Análisis climático

- Precipitación:  
Esta reserva está incluida dentro del sistema bimodal con dos periodos de lluvia: el primero en los meses de marzo a mayo y el segundo en los meses de septiembre a noviembre. El mes más lluvioso en la región corresponde al mes de octubre con un nivel de precipitación de 85,2 mm, mientras que el mes más seco es enero con un nivel inferior a los 50 mm de precipitación. (Herrera Martínez, 2005)
- Temperatura  
Presenta una variación de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar la cual está entre los 6 y los 18 ° C. (Herrera Martínez, 2005)
- Humedad Relativa  
Para el área de estudio se registra una fluctuación media entre el 74% y el 84% de humedad. Los mayores valores se registran en los meses de mayo, junio y julio y los menores valores en los meses de enero y febrero. (Herrera Martínez, 2005)
- Nubosidad y brillo solar  
El área de la reserva está incluida en piso térmico frío, en el cual se observan con frecuencia nubes de estrato nubus o nimbo estrato y bajos estratos con formaciones de neblina, lo cual es más frecuente en las partes altas de la reserva. Los valores mensuales de nubosidad indican nubosidad constante durante todo el año. (Herrera Martínez, 2005)

De acuerdo con las anteriores características y según la clasificación de Holdridge (1987), por su altitud precipitación y temperatura, el área de estudio corresponde a un bosque húmedo montano.

## 6.2 PLANIFICACIÓN

El desarrollo de este estudio se realizó en cinco etapas metodológicas: planificación, fase de campo, fase de laboratorio, análisis de datos y por último los resultados y la propuesta de diseño florístico. A continuación se describen cada una de las etapas desarrolladas

En esta etapa del proyecto se recurrió a la consulta bibliográfica de factores que pudieran influenciar en el desarrollo del trabajo tales como: microclima, relieve, especies arbóreas nativas de la zona, metodologías de medición de captura de carbono.

Además de la consulta de fuentes secundarias como cartografía de la zona e imágenes de satélite, se realizaron consultas con pobladores locales con el fin de delimitar el área de estudio.

### 6.2.1 Compartimiento de carbono a medir

Para la elección del compartimiento de carbono a evaluar se hizo énfasis en el documento “Orientación de buenas prácticas” del IPCC (2003-2006) en donde se menciona que existen cinco compartimientos de carbono que pueden ser medidos. Los cuatro compartimientos principales donde se almacena el carbono son: biomasa aérea, detritos o madera muerta, biomasa subterránea o sistema radical, y suelos.

Tal como lo menciona Sandra Brown en su estudio “*Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a primer*”, (García, 2012) la biomasa aérea es la que genera un mayor aporte a la biomasa total del bosque, además su fácil medición y menor costo son aspectos importantes que permiten optar por el estudio de este compartimiento.

Conociendo que la biomasa aérea genera un mayor aporte, se hace necesario seleccionar este compartimiento, sin embargo se recurrió a la matriz de recomendaciones para seleccionar los compartimientos de carbono que se

deben medir en los proyectos REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación), en donde indican que para proyectos de reforestación enfocados a la captura de carbono con restauración de especies nativas, es necesario el estudio de biomasa en árboles y se recomienda el mismo análisis en raíces; no obstante, debido a los altos costos que este último puede genera, no se tiene en cuenta para el presente proyecto.

**Tabla 1: Matriz de recomendaciones para seleccionar los compartimientos de carbono que se deben medir en los proyectos REDD**

Objetivo del proyecto	Tipo de proyecto	Tipo de reservorios de carbono					Suelo
		Biomasa viva			Biomasa muerta		
		Árboles	Vegetación herbácea/ no arbórea	Raíces	Madera muerta	Hojarasca	
Reducción (evitar) emisiones de carbono	Conservación del bosque	S	T	R	T	S	R
	Manejo Forestal sostenible	S	T	R	T	S	T
Reforestación (captura de carbono)	Restaurar vegetación nativa	S	T	R	S	S	T
	Plantaciones forestales	S	N	R	T	T	R
	Plantaciones agroforestales	S	S	T	S	S	R

**S: es necesario; R: recomendado; N: no recomendado; T: quizás y dependiendo las exigencias del mercado**

### 6.3 FASE DE CAMPO

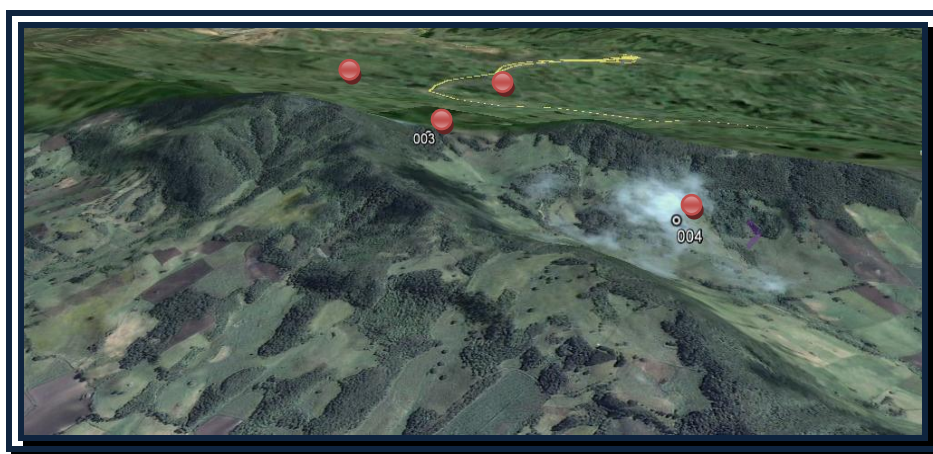
Esta fase de campo consistió en seleccionar 4 unidades de muestreo en las cuales se levantó un inventario forestal o censo de especies leñosas y se recolectaron las muestras vegetales necesarias para su identificación. Es importante resaltar que el presente trabajo tiene un enfoque conservacionista y que el área de estudio seleccionada es una reserva forestal protectora, y por lo tanto se aplicó el método indirecto o no destructivo para el estudio de biomasa y contenido de carbono de las especies más representativas, como se detalla a continuación.

### 6.3.1 Selección de áreas de muestreo y delimitación de parcelas

Debido a que el área de estudio presenta un margen de heterogeneidad en términos de microclima y estado de conservación de bosque, y teniendo en cuenta que cuando se realiza la determinación del stock de carbono, es prácticamente imposible medir toda la biomasa presente, principalmente por limitaciones de recursos económicos y restricciones en el traslado para el registro de los datos, se recurrió a la técnica de muestreo, considerado idóneo para representar el universo investigado. (Rügnitz, Chacón, & Porro, 2009)

Con ayuda de material cartográfico, se seleccionaron al azar cuatro puntos de la reserva, los cuales tenían como ventaja un fácil acceso, en donde se establecieron las unidades de muestreo.

Imagen 2: Ubicación de parcelas (imagen satelital)



En estos puntos se delimitaron y demarcaron con cinta métrica 4 parcelas, con un tamaño de 20 m x 50 m (0.1 ha), las cuales fueron georeferenciadas con ayuda de GPS. Este tipo de parcelas permiten una alta eficiencia en campo y son adecuadas para evaluar la relación espacial del bosque (Vallejo et al., 2005).

Imagen 3: Establecimiento de parcelas



Imagen 4: Medición de parcelas



Fuente: Claudia Marcela Páez (Autora)

### 6.3.2 Muestreo de plantas leñosas

Esta metodología se utilizó en primera instancia para determinar la riqueza de especies de plantas leñosas y por último para recolectar información necesaria que permita determinar su biomasa.

Esta fase consistió en censar en cuatro parcelas de 0,1 ha, todos los individuos cuyo tallo tuviera un DAP (diámetro a la altura del pecho), mayor a 5 cm, detallando en el formulario de campo previamente diseñado, la siguiente información:

- Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP)

El sitio de medición del diámetro se tomó a la altura estándar que es a 1,30 m desde donde el tallo principal sale del suelo. Para esta medición se utilizó cinta métrica flexible, para medir el perímetro o circunferencia a la altura del pecho (CAP). A partir de esta información se calculó el diámetro empleando la ecuación 1

$$DAP = CAP / \pi$$

ECUACIÓN 1 (Villareal 2004).

Donde  $D$  es el diámetro (cm),  $CAP$  es la circunferencia medida en campo (cm) y  $\pi$  es una constante matemática ( $\pi = 3,1416$ ).

Imagen 5: Medición de CAP



Fuente: Claudia Marcela Páez (Autora)

- **Altura comercial o del fuste ( $H_f$ )**

Debido a la carencia de hipsómetros, se realizó una estimación corriente o “a simple vista” con ayuda de una regla guía. Esta altura se estimó desde el suelo a la primera ramificación (Vallejo, 2005).

- **Altura total ( $ht$ )**

Siguiendo el mismo método empleado para la medición de la altura del fuste, se estimó la altura total como la distancia desde el suelo hasta la cima de la copa de cada individuo.

### 6.3.3 Colección Muestras Vegetales

Para determinar la clasificación taxonómica de cada planta censada fue preciso coleccionar material vegetal necesario para su identificación. Estas muestras fueron marcadas, prensadas y alcoholizadas (con alcohol al 70%) para evitar su deterioro y asegurar su conservación.

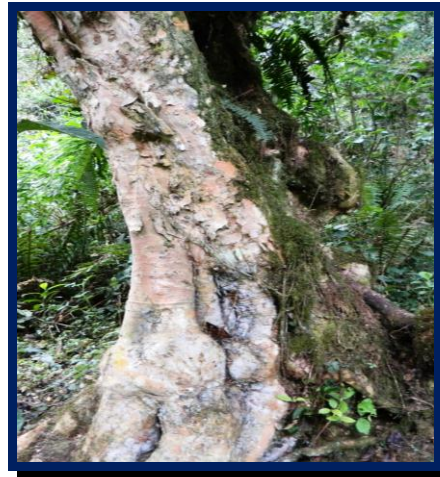


Adicionalmente en campo se verificaron datos para facilitar la identificación, tales como: fuste, corteza, presencia o ausencia de exudados olor de hojas y corteza, color de la misma, nombres comunes y usos.

**Imagen 6: Recolección muestras vegetales**



**Imagen 7: Características corteza**



*Fuente: Claudia Marcela Páez (Autora)*

#### **6.4 FASE DE LABORATORIO**

En esta etapa se realizó la revisión y organización del material vegetal colectado. La identificación de cada especie se logró mediante el uso de claves dicotómicas y comparación con las colecciones botánicas del Herbario Nacional Colombiano, el Herbario Forestal UDBC de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y el herbario Federico Medem del Instituto Humboldt Colombia.

**Imagen 1: Identificación de especies**



*Fuente: Claudia Marcela Páez (Autora)*

## 6.5 FASE ANALISIS DE DATOS

Una vez obtenida la información de laboratorio en donde se identificó y documentó el nombre de las especies y familias, se prosiguió con el cálculo de representatividad, y de biomasa aérea para cada una de ellas.

### 6.5.1 Cálculo de representatividad

Con el fin de determinar las especies con mayor representatividad de las diferentes unidades de muestreo, se identificó la importancia ecológica utilizando el IVI, con el propósito de generar información descriptiva básica que permita la generación de diseños y medidas adecuadas para su conservación.

#### 6.5.1.1 Índice de valor de importancia (IVI)

Es un parámetro que revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del IVI debe ser igual a 300, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{IVI} = \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa} \quad \text{ECUACION 2}$$

Donde:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de individuos de la especie}}{\text{N}^\circ \text{ Total de individuos de todas las especies}} * 100 \quad \text{ECUACIÓN 3}$$

$$\text{Área basal} = \pi * (\text{diámetro}^2/4) \quad \text{ECUACIÓN 4}$$

$$\text{Dominancia o área basal relativa} = \frac{\text{Área Basal de la especie}}{\text{Área Basal total}} * 100 \quad \text{ECUACIÓN 5}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Suma de todas las frecuencias}} * 100$$

ECUACION 6

### 6.5.2 ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA

Como se menciona anteriormente, existen dos métodos para medir y estimar la biomasa aérea sobre el suelo: el método directo o destructivo que es utilizado para la construcción de ecuaciones alométricas y factores de expansión de la biomasa y el método indirecto que consiste en utilizar las ecuaciones alométricas o factores de expansión que actualmente existen en la literatura y que fueron generados a partir del método directo. En este caso solo es necesario medir variables más relevantes en campo, como el DAP, e incluirlas posteriormente en la ecuación seleccionada. (Phillips J.F., 2011).

En el presente estudio se emplearon ecuaciones alométricas desarrolladas para el contexto colombiano por Álvarez et. Al. (2010) las cuales permiten estimar los contenidos de carbono almacenados en bosques naturales, con errores menores a los que se obtienen utilizando ecuaciones genéricas.

Estas ecuaciones se desarrollaron a partir de la estratificación de los bosques naturales siguiendo la clasificación por las zonas de vida propuesta por Holdridge (1967), estudio que arrojó 18 modelos para seis zonas de vida como se muestra en la tabla 2, las cuales presentan un buen ajuste  $R^2 \geq 90\%$ , y que presentan como variables el DAP (en centímetros), densidad de la madera, y altura, que según Chave et al. (2005) son las más relevantes para estimar la biomasa aérea.

**Tabla 2: Ecuaciones alométricas recomendadas para el cálculo de biomasa en bosques naturales**

Subconjunto 1. Variables independientes: diámetro [D] y densidad de madera [ρ] $\ln(BA) = a + b \ln(D) + c (\ln(D))^2 + d(\ln(D))^3 + B1\ln(\rho)$						
Tipo de bosque	a	b	c	d	B1	R <sup>2</sup>
bh-M	3,442	-1,809	1,237	-0,126	1,744	0,954
bh-MB	2,226	-1,552	1,237	-0,126	-0,237	
bh-PM	2,421	-1,415	1,237	-0,126	1,068	
bh-T	2,829	-1,596	1,237	-0,126	0,441	
bp-T	1,596	-1,225	1,237	-0,126	0,691	
bs-T	4,040	-1,991	1,237	-0,126	1,283	
Subconjunto 2. Variables independientes: diámetro [D] $\ln(BA) = a + B1\ln(D)$						
Tipo de bosque	a	b	c	d	B1	R <sup>2</sup>
bh-M	-2,616				2,37	0,932
bh-MB	-1,663				2,37	
bh_PM	-1,866				2,37	
bh-T	-1,544				2,37	
bp-T	-1,908				2,37	
bs-T	-2,235				2,37	
Subconjunto 3. Variables independientes: diámetro [D], altura [H] y densidad de madera [ρ] $\ln(BA) = a + B1\ln(D^2 H \rho)$						
Tipo de bosque	a	b	c	d	B1	R <sup>2</sup>
bh-M	-2,45				0,932	0,948
bh-MB	-1,993				0,932	
bh_PM	-2,289				0,932	
bh-T	-2,218				0,932	
bp-T	-2,413				0,932	
bs-T	-2,29				0,932	

bh-M: bosque húmedo montano; bh-MB: bosque húmedo montano bajo; bh-PM: bosque húmedo premontano; bh-T: bosque húmedo tropical; bp-T: bosque pluvial tropical; bs-T: bosque seco tropical.

De acuerdo con la anterior información, y retomando el contexto del presente estudio, se seleccionó la ecuación 7, para la zona de vida BH-M (bosque húmedo montano).

$$\ln(AB) = a + b \ln(D) + c (\ln(D))^2 + d (\ln(D))^3 + B1 \ln(\rho)$$

ECUACIÓN 7

Donde AB es la biomasa aérea en kg, D (cm) es el DAP, ρ corresponde a la densidad de la madera (g cm<sup>-3</sup>); H es la altura total del árbol; a, b, c, d, y B1 son constantes del modelo.

Debido a la complejidad para determinar la densidad de la madera en terreno, se emplearon bases de datos y estudios reportados por el IPCC (2003-2006, Chave et. al. (2006), Perez & Díaz (2010) y Agudelo Guirnauld (2009) entre

otros, y en los casos en los que no se contó con los valores de densidad, se utilizó el promedio del nivel taxonómico superior (Género o Familia).

Una vez calculada la biomasa aérea de los individuos, se obtuvo la biomasa aérea total de cada parcela (Kg), al sumar la biomasa de todos los individuos registrados en cada una de ellas. Este valor se escaló a toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ).

- **Biomasa aérea por hectárea**

Para escalar este valor a toneladas por hectárea, ( $t\ ha^{-1}$ ), se multiplicó el valor obtenido en la totalidad de las parcelas, por el factor de conversión según el tamaño de la parcela empleado como se describe a continuación:

$$BA\ (Kg/par) \times (1t/1000\ Kg) \times FC = BA\ (t\ ha^{-1}) \quad \text{ECUACION 8}$$

Donde BA es biomasa aérea; Kg es la unidad en Kg; t es la unidad de toneladas y FC es el factor de conversión según el tamaño utilizado en la parcela.

- **Conversión de biomasa aérea a carbono**

En la mayoría de los estudios en los cuales se trata el tema de almacenamiento de carbono, en la biomasa aérea de los bosques tropicales, se asume que el contenido de carbono corresponde al 50% de biomasa de los árboles vivos (Phillips J.F., 2011), por lo que se sugiere usar un factor de 0,5 para transformar la biomasa aérea en contenido de carbono.

- **Conversión de carbono acumulado a CO<sub>2</sub> equivalente**

El dióxido de carbono equivalente, corresponde a la medida métrica utilizada para comparar las emisiones de varios GEI, basada en el potencial de calentamiento global de cada uno. El dióxido de carbono equivalente es el resultado de la multiplicación de las toneladas emitidas de GEI, por su potencial de calentamiento global. Para convertir la

cantidad de carbono almacenada en bosques naturales el IPCC (2003, 2006), recomienda multiplicar la cantidad de toneladas de carbono almacenado por 3,67, factor que resulta de dividir el peso atómico de una molécula de dióxido de carbono (44) por el peso específico del carbono (12).

## 6.6 RESULTADOS

En las unidades de muestreo establecidas, se encontró un bosque de piso térmico frío, con formaciones de neblina y altos índices de humedad. Corresponde a un bosque andino según las zonas de vida de Holdridge, en donde están presentes estratos de árboles y arbustos entre los 3 y 15 m de altura, con copas de forma irregular que forman pequeños claros permitiendo el paso de la luz.

Se observó que aunque se presentan todos los estratos, predomina el estrato arbóreo con una presencia superior en las especies: *Weinmania tomentosa* y *Myrcianthes sp.*, las cuales están acompañadas por un nivel de epifitismo muy alto, que se presenta debido a la alta humedad atmosférica generada por neblinas regulares; estos se encuentran en diferentes formas y tamaños alojados entre los troncos, ramas y hojas de los árboles, en donde se pudieron distinguir bromelias, orquídeas, musgos y líquenes. El estrato arbustivo presenta escasas ramificaciones y fustes muy delgados mientras que el estrato herbáceo es relativamente pobre en cobertura pero rico en plántulas.

Imagen 8: Presencia de epifitismo



Fuente: Claudia Marcela Páez (Autora)

A pesar de que estos bosques pertenecen a una reserva forestal, se puede apreciar que han sido muy fragmentados a causa de la ampliación de la frontera agrícola y entresacados para consumo dendroenergético, cercas, postes, etc., sin embargo se observan procesos de sucesión natural que se están viendo condicionados por las reforestaciones con especies andinas aunque no de la zona, lo cual rompe con la cobertura y diversidad de estos sitios.

**Imagen 9: Área de reforestación**



*Fuente: Claudia Marcela Páez (Autora)*

### **6.6.1 Cálculo de representatividad**

La caracterización local de la vegetación se estimó a través del cálculo del IVI con el fin de conocer las especies de mayor importancia en la zona, obteniendo como resultado la tabla 3.

Tabla 3: Calculo de IVI

No .	FAMILIA	GENERO-ESPECIE	ABUNDANCI A	ABUNDANCI A RELATIVA	FRECUENCI A	FRECUENCI A RELATIVA	AREA BASAL	AREA BASAL RELATIV A	IVI
1	MYRTACEAE	Myrcianthes spp	18	15,126	1,5	15,15	31,20	9,955	<b>40,2</b>
2	CUNONIACEAE	Weinmannia sp.	67	56,303	5,6	56,40	277,21	88,445	<b>201,1</b>
3	MELASTOMATASEAE	Miconia sp.	11	9,244	0,9	9,26	1,20	0,384	<b>18,9</b>
4	LAURACEAE	Ocotea calophylla Mez	3	2,521	0,3	2,53	0,35	0,111	<b>5,2</b>
5	CYATHEACEAE	Cibotium sp.	3	2,521	0,3	2,53	0,27	0,087	<b>5,1</b>
6	CLUSIACEAE	Clusia multiflora Kunth	9	7,563	0,8	7,58	3,15	1,004	<b>16,1</b>
7	ARALIACEAE	Oreopanax incisus (Willd. ex Schult.) Decne. Y Planch.	1	0,840	0,1	0,84	0,01	0,002	<b>1,7</b>
8	CAPRIFOLIACEAE	Viburnum tinoides L.f.	2	1,681	0,2	1,68	0,017	0,005	<b>3,4</b>
9	ALAEOCARPACEAE	Vallea stipularis L.f.	2	1,681	0,2	1,68	0,00	0,001	<b>3,4</b>
10	MYRTACEAE	Myrcianthes rhopaloides (Kunth ) McVaugh	2	1,681	0,2	1,68	0,015	0,005	<b>3,4</b>
11	ERICACEAE	Cavendishia bracteata (Ruiz & Pav. ex J.St.Hil.) Hoerold	1	0,840	0,1	0,84	0,00	0,000	<b>1,7</b>
<b>TOTAL</b>			<b>119</b>	<b>100,00</b>	<b>9,9</b>	<b>100</b>	<b>313,424</b>	<b>100</b>	<b>300</b>



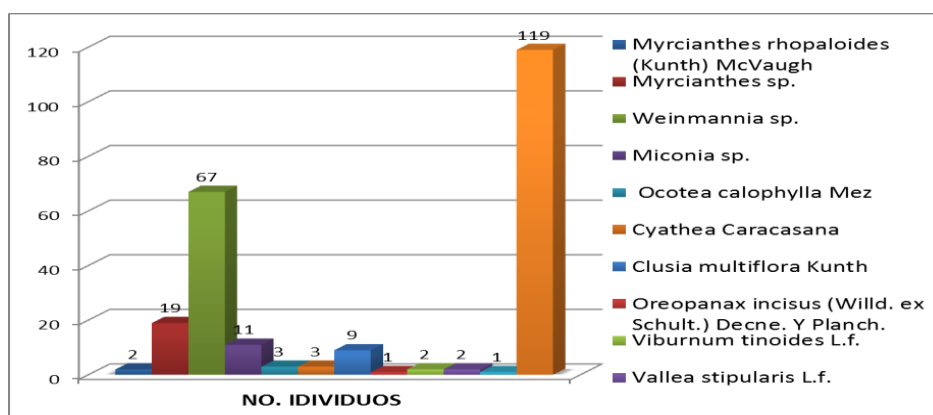
El inventario de las cuatro parcelas arrojó un total de 11 especies representado en 10 familias.

La familia de árboles más abundante fue la Cunoniaceae (*Weinmannia tomentosa*), la cual presenta el 56,3% del total de los individuos registrados, le siguen las familias Myrtaceae con 17,6% y Melastomataceae con 9,2% respectivamente. El 17,6% restante se distribuyen en 7 familias más entre las que se encuentran Lauraceae, Cyatheaceae, Clusiaceae, Aerialiaceae, Caprifoliaceae, Alaeocarpaceae, Ericaceae.

*Weinmannia tomentosa* (encenillo) fue la especie más abundante en las 4 parcelas, seguida por *Myrcianthes sp.* (Arrayan), sin embargo esta última no siguió un patrón homogéneo en las 4 parcelas. Estas dos especies representan el 71,4% del total de los individuos incluidos en las parcelas en estudio.

También se puede apreciar que las especies presentes en el bosque, en un alto porcentaje 63,6% están representadas por muy pocos individuos (menos de 5), mientras que un porcentaje bajo 36,4%, del total, lo constituyen las especies más abundantes.

Gráfico 1: Distribución número de individuos por especie



Aunque el IVI muestra sus valores más altos, 201,1 y 40,2 para las especies *Weinmannia tomentosa* y *Myrcianthes sp.*, respectivamente, la composición florística de las nueve especies restantes, representan un nivel de

heterogeneidad importante y por tanto un grado de diversidad, lo que a su vez lo convierte en un ecosistema frágil.

### **6.6.2 Biomasa aérea**

La biomasa aérea fue estimada a partir de la ecuación No. 7 nombrada en el punto 7.4.2, (estimación de biomasa aérea), con los parámetros medidos en campo como DAP, y los obtenidos en base de datos como la densidad de la madera tal como se muestra en el anexo 1. Esta estimación arrojó un total de 44.344,6 Kg de BAT para las 4 parcelas de 0,1 ha.

- **Biomasa aérea por hectárea**

Para escalonar este valor a toneladas por hectárea, ( $t\ ha^{-1}$ ), usó la ecuación no. 8 del numeral 7.4.2., multiplicando el valor de BAT hallado anteriormente, por el factor de conversión que para este caso fue de 2,5. Lo anterior nos permitió conocer que en una hectárea de BH-M se encuentran almacenadas 110,9 t/h de biomasa aérea.

- **Conversión de biomasa aérea a carbono**

Teniendo en cuenta que la estimación de contenido de carbón corresponde al 50% de la biomasa de árboles vivos, (Phillips J.F., 2011) se estimó el valor promedio multiplicando la BA por el factor de 0,5 para transformar la biomasa aérea en contenido de carbono, obteniendo un resultado de  $55,45\ t\ C\ ha^{-1}$ .

- **Conversión de carbono acumulado a  $CO_2$  equivalente**

Siguiendo las recomendaciones del IPCC (2003, 2006), se multiplicó la cantidad de toneladas de carbono almacenado por 3,67 como se indicó en el punto 2 del numeral 7.5.2, hallando un equivalente de  $203,5\ t\ CO_2e$ .

### **6.7 PROPUESTA DE DISEÑO FLORÍSTICO**

Para realizar el diseño florístico, fue importante realizar una ficha técnica con los datos más relevantes de las especies encontradas, además se describió el esquema seral correspondiente y la distribución a seguir, hasta lograr finalmente una propuesta de diseño, Ficha técnica (Tabla No. 4)

Tabla 4: Ficha técnica especies identificadas en el presente estudio

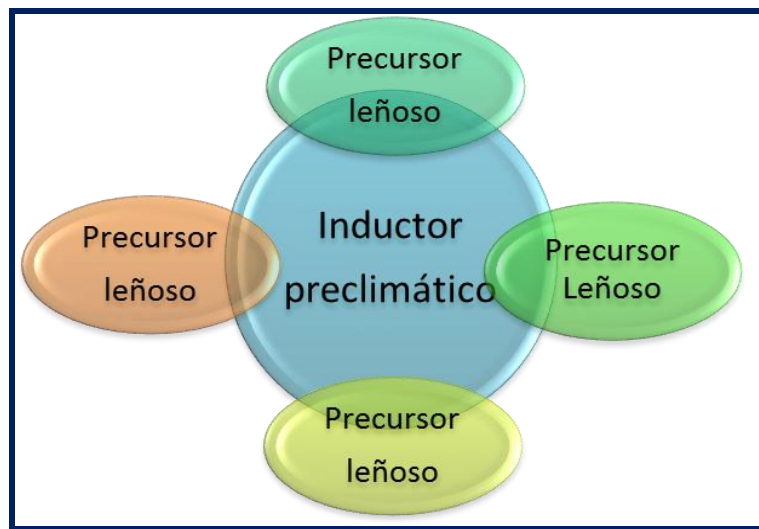
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	MSNM	PORTE	DIAMETRO DE LA COPA	PROPAGACIÓN	POSICIÓN SUCESIONAL	USO
ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	2400-3500	Árbol hasta 25 m altura	6-8 m	Semillas	inductor preclimático	Conservación, inducción de rastrojos, recuperacion de bosques
TUNO	<i>Miconia sp.</i>	2500-3000	arbusto de 5 a 8 m	3-5m	semillas	precursos leñoso	cercas vivas, corredores ornitócoros, protección de nacimientos y márgenes hídricas, control de focos de erosión superficial, inducción de bosques sobre potreros
GAMUZO, LAUREL, ORJA DE MULA	<i>Ocotea calophylla Mez</i>	2300-3500	arbol de 20 m	10-12 m	semillas	inductor preclimático	restauración de bosques, corredores ornitócoros, ornamental, agroforestería
HELECHO ARBOREO	<i>Cyathea Caracasana</i>	2000-3200	14 m	8-10 m	esporas		conservacion de suelos de alta montaña, ornamental
GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	2800-3300	arbol 6-20 m	6-12 m	Semillas	precursos leñoso	rehabilitación de escarpes, barreras contra heladas, rehabilitación del subpármo andino, ornamental
MANO DE OSO	<i>Oreopanax incisus (Willd. ex Schult.) Decne. Y Planch.</i>	2000-3100	arbol 20 m	4-8 m	semillas	inducto preclimático	Inducción de bosques sobre subpáramos secundarios, corredores preclimáticos, corredores cortafuegos, Ornamental.
GARROCHO	<i>Viburnum tinoides L.f.</i>	2600-2900	arbusto 4-8 m	4-6 m	semillas	inductor preclimático	restauracion nacimientos de agua, zonas de recargas de acuíferos y márgenes hídricas, ornamental, corredores ornitócoros
RAQUE-FLOR DE MAYO	<i>Vallea stipularis L.f.</i>	2600-3000	arbol 6-16 m	4-8 m	semillas	inductor preclimático	protección márgenes hídricas y nacimientos agua, melíferas y muy atrativa para aves, cercas vivas y ornamental.
ARRAYAN	<i>Myrcianthes leucoxyla (Ortega) McVaugh</i>	2400-2900	6-16 m	4-6 m	semillas y estacas	precursos leñoso	restauracion focos de erosión severa, nacimientos y rodas hídricas, corredores ornitócoros, ornamental.
ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1700-3300	arbol 20 m	4-8 m	semillas y estacas	precursos leñoso	restauracion focos de erosión severa, nacimientos y rodas hídricas, corredores ornitócoros, ornamental.
UVO-ANISO	<i>Cavendishia bracteata (Ruiz &amp; Pav. ex J.St.Hil.) Hoerold</i>	2700-3200	Arbusto 5 a 16 m	3-6 m	semillas	Inductor preclimático	recuperación y estabilizacion de taludes y focos de erosión o deslizamiento, corredores ornitócoros

En este orden se encontraron como precursores leñosos las especies: *Miconia sp.* (Tuno), *Clusia multiflora Kunth*, (gaque), y *Myrcianthes leucoxylla Ortega McVaugh*, (arrayán); y como inductores preclimáticos a: *Weinmannia tomentosa* (encenillo), *Ocotea calophylla Mez* (gamuzo o susca), *Oreopanax incisus (Willd. ex Schult.) Decne. Y Planch* (mano de oso), *Viburnum tinoides L.f.* (garrocho), *Vallea stipularis L.f.* (raque), *Cavendishia bracteata (Ruiz & Pav. ex J.St.Hil.) Hoerold* (uvo – aniso).

### 6.7.1 Esquema seral y distribución

Teniendo en cuenta lo indicado por el protocolo distrital de restauración 2000 (DAMA.2004), los modelos florísticos diseñados, siguen un esquema seral básico (desarrollo en forma y tamaño de la vegetación) tal como lo indica el gráfico No. 2

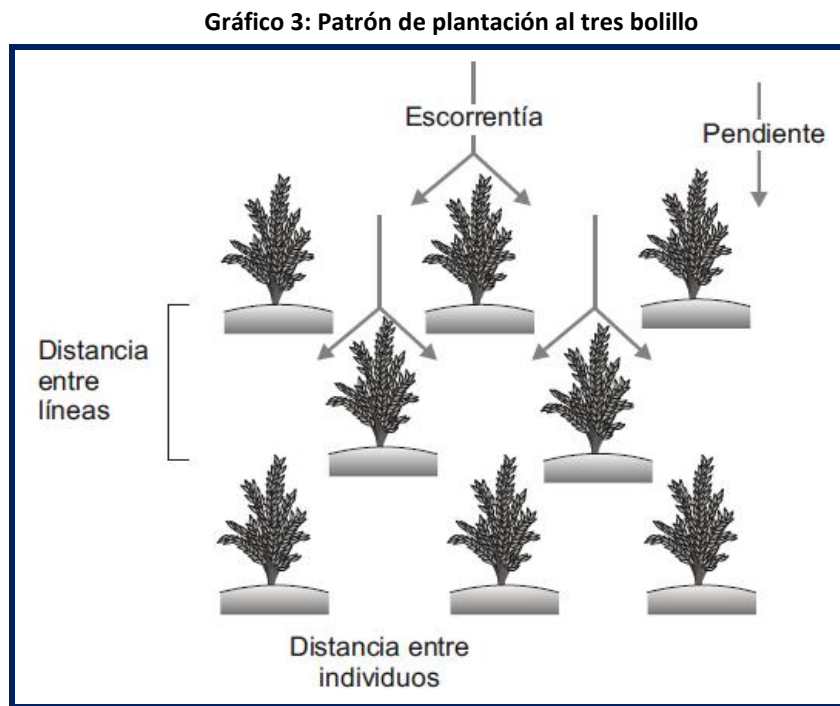
Gráfico 2: Distribución de especies según su función en un arreglo florístico



Teniendo en cuenta los resultados del IVI (tabla No. 3) se pueden catalogar como especies dinamogenéticas a *Weinmannia tomentosa* y *Myrcianthes sp.*, ya que son las que constituyen la mayor parte de la masa forestal, tienen mayor cobertura, producen cambios en el ambiente que generan procesos en

la sucesión (DAMA) y por consiguiente están catalogados como inductores preclimáticos y tienen mayor relevancia de los modelos florísticos diseñados.

Finalmente, se sugiere seguir un patrón de plantación al tres bolillo, siguiendo las curvas de nivel ya que de esta forma se ofrece mayor resistencia a los vientos y a la escorrentía superficial (gráfico 3).



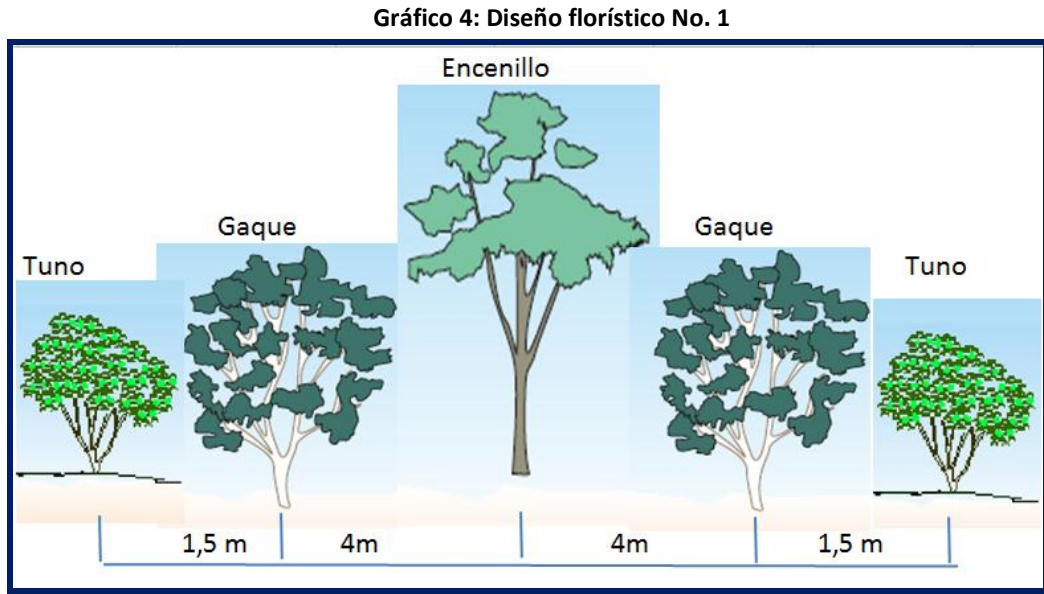
*Fuente: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA*

La distancia entre individuos y entre líneas debe ser:

- Para precursores leñosos: de 0,5 a 1 metro entre individuos y de 40 a 90 cm entre líneas.
- Para inductores preclimáticos: de 3 a 5 metros entre individuos y de 2,6 a 4,3 entre líneas.

## 6.7.2 Propuestas de diseño

- **Bosque de Encenillo ( Gráfico No.4)**



En la plantación, el encenillo actúa como especie dominante, mientras que el gaque adecua las condiciones del sitio para el desarrollo de la especie dominante, al igual que el tuno que adecúa el suelo, produce buena cantidad de materia orgánica y mantiene la humedad para los inductores preclimáticos. Estas dos últimas especies también ofrecen alimento a la avifauna lo que favorece la dispersión de semillas y por lo tanto su propagación.

- **Captura de Carbono**

En este diseño, en donde hay una distancia de 1,5 m entre los precursores leñosos Tuno y Gaque y 4m entre el precursor leñoso Gaque y el inductor preclimático que es la especie dominante Encenillo, con una distancia entre líneas de 3,5m, se calculó el número de árboles a plantar en una hectárea mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{S}{D} \times K$$

ECUACION 9

En donde N es el número de individuos a plantar, S son los metros por hectáreas, D es la distancia entre individuos y K es una constante de 1,154 para el trazado al tres bolillo.

Se obtuvo un total de 1.012 árboles distribuidos así:

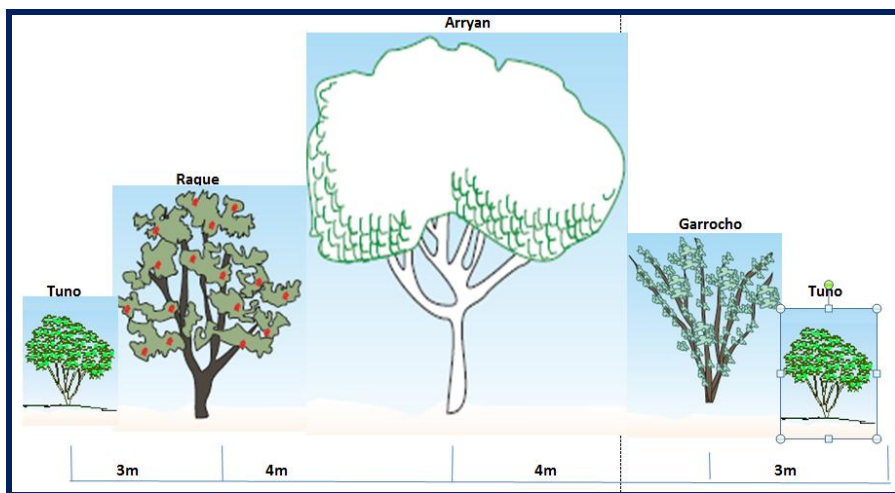
Tabla 5: Capacidad de captura de carbono

	biomasa promedio en Kg por árbol	NO. Árboles hectárea	Biomasa Total
Encenillo	325	300	97500
Gaque	265	412	109180
Tuno	132,0	300	39600
<b>TOTAL BIOMASA EN Kg</b>			246280
<b>BIOMASA EN TONELADAS</b>			246,3
<b>CAPACIDAD DE CAPTURA DE CO2</b>			123,1
<b>CO2 e</b>			<b>452</b>

Lo cual indica que este arreglo florístico en un estado de madurez cercana a su clímax pueden llegar a capturar 452 t CO<sub>2</sub> e, como se indicó en la tabla No. 5

- **Bosque de arrayán (Gráfico 5)**

Gráfico 5: Diseño florístico No. 2



En este diseño, el tuno funciona como precursor leñoso, que además de brindar alimento a la avifauna tiene la misión de adecuar el terreno para el establecimiento del arrayán, el cual actúa como especie dominante. Adicionalmente el tuno por su rápido crecimiento adecúa el suelo, produce buena cantidad de materia orgánica y mantienen la humedad, generando condiciones adecuadas para los inductores preclimáticos (raque, garrocho), quienes a su vez adecuan las condiciones del sitio para el adecuado desarrollo para la especie arrayán, así mismo todas estas especies sirven de alimento para la fauna, lo que favorece su propagación.

- **Captura de carbono por hectárea**

En este diseño, en donde hay una distancia de 3,0 m entre el precursor leñoso y el inductor preclimático, de 4m entre el inductor preclimático y la especie dominante, con una distancia entre líneas de 2m, se calculó el número de árboles a plantar en una hectárea mediante la ecuación No. 9, descrita en el ítem anterior, obteniendo como resultado un total de 1404 árboles distribuidos así:

**Tabla 6: Capacidad de captura de CO2**

Nombre común de la Especie	biomasa promedio en Kg por árbol	NO. Árboles hectárea	Biomasa Total
<b>Arrayan</b>	973,6	262	255083
<b>Tuno</b>	132,42	421	55749
<b>Raque</b>	32,0	360	11520
<b>Garrocho</b>	26,0	361	9386
<b>TOTAL BIOMASA EN Kg</b>			331738,0
<b>BIOMASA EN TONELADAS</b>			331,7
<b>CAPACIDAD DE CAPTURA DE CO2</b>			165,9
<b>CO2 e</b>			608,7



De lo anterior se deduce que el presente arreglo florístico en un estado madurez cercana a su clímax pueden llegar a capturar 608,7 t CO<sub>2</sub> e, como se indicó en la tabla No. 6.

## **6.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Al emplear la anterior metodología se encontró que la biomasa aérea total estimada fue de 111 t h<sup>1</sup>, mientras que para el caso de los diseños florísticos la biomasa aérea potencial fue de 246 y 332 t h<sup>1</sup>.

Según el estudio de estimación de las reservas actuales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia, el cual fue realizado por el IDEAM (Phillips J.F., 2011), se indica que al emplear la clasificación bioclimática de Holdridge, se observa que la biomasa aérea varía entre el 91,4 y 334,5 t h<sup>1</sup>, con una biomasa promedio de 255,2 t h<sup>1</sup>.

Lo anterior indica que la biomasa aérea calculada tanto en las parcelas como la proyectada en los diseños florísticos se acomoda dentro del rango indicado. Es importante resaltar que el uso de ecuaciones de Holdridge, como se precedió en este estudio, presenta una incertidumbre asociada a la estimación del 18%, lo que la convierte en la opción más apropiada entre las consideradas para estratificar los bosques naturales de Colombia.

## 7 CONCLUSIONES

- El presente estudio permitió conocer la cantidad biomasa y capacidad de captura de CO<sub>2</sub> de las especies forestales nativas de la reserva forestal protectora El Malmo, información que se puede proyectar enfocando este servicio ambiental en planes de reforestación encaminados a captura de CO<sub>2</sub>.
- Las especies de mayor relevancia del bosque húmedo montano de la reserva forestal protectora el Malmo, según su IVI y su capacidad de captura de carbono fueron *Weinmannia tomentosa* y *Myrcianthes sp.*, resaltándolas como especies reguladoras y dinamizadoras de este ecosistema.
- La biomasa forestal aérea estimada para las especies *Weinmannia tomentosa* Y *Myrcianthes sp.*, en la vereda Barón Germania, del municipio de Tunja en el departamento de Boyacá, fue de 110,9 ha<sup>-1</sup>.
- La capacidad de captura de carbono estimada para las especies *Weinmannia tomentosa* Y *Myrcianthes sp.*, en la vereda Barón Germania, del municipio de Tunja en el departamento de Boyacá, fue de 203,5 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>e.
- El estudio de la biomasa y capacidad de secuestro de carbono permitió plantear dos diseños florísticos con una capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> e, de 452 y 608,7 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>e, aproximadamente.

## 8 RECOMENDACIONES

Para tener una mayor exactitud en las estimaciones de biomasa, se sugiere que futuras investigaciones utilicen hipsómetros en la medición de la altura de los árboles, ya que este trabajo la medición de las alturas se realizó a simple vista.

Es aconsejable realizar este mismo estudio con diferentes especies, con el fin de ampliar el rango de posibilidades en la elaboración de los diseños florísticos, y posteriores reforestaciones.

Es importante seguir apoyando este tipo de investigaciones, con el propósito de generar información que permita tomar acciones a nivel local que sean ambientalmente responsables.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo Guinand, M. I. (2009). *Biomasa aerea y contenido de carbono en un bosque de Quercus humboldtti y Colombobalanus excelsa corredor de conservación de de robles guantiva la Rusia Iguaque*. Santander - Boyaca.
- Alcaldía Mayor de Tunja. (2013). *POT de Tunja*. Tunja.
- Álvarez, G. (2008). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia*. Bolivia: Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Barros, V. (2005). *Cambio climático global*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Benitez, P., De Koning, F., López, M., & Paredes, H. (2002). Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente del Ecuador. *Informe TWF Del programa de Apoyo Ecológico (TOB) de la cooperacion Técnica Alemana GT Eschborn-Alemania* , 31.
- Brown, S., & Lugo, A. E. (1984). A New Estimate Based. *Biomass of Tropical Forests* , Science, 2223 (4642), 120-1293.
- Burgos Salcedo, J. D. (2004). Modelo alométrico general para la estimación del secuestro de carbono por plantaciones de caucho *Hevea brasiliensis*. *mull arg.en Colombia . Colombia Forestal* , 9 (18), 5-21.
- Chave, J. (2005). *Wood density measurement protocol. Measuring wood density for tropical*. Toulouse, France. 7 p.

- Espíndola, C., & Valderram, J. O. (2012). Huella del Carbono. Parte 2: La Visión de las empresas, los cuestionamientos y el futuro. *Información Tecnológica Vol. 23(1)*, 177-192 , 177-192.
- Chave, J. (2005). Wood density measurement protocol. Measuring wood density for tropical. Toulouse, France. 7 p.
- FAO. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a primer. FAO.
- Forestal, S.E.C.F. (2005). *Diccionario Forestal*. Mundi-Prensa Libros.
- Garcia, J. P. (2012). Estimación del carbono almacenado por *Ficus soatiensis* y *Tecoma stans* en la localidad de Puente Aranda, Bogotá D.C. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Gould, S. (1996). Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews* , 41(4): 587–638.
- Herrera Martínez, Y. (2005). Diagnóstico y concertación del plan de manejo de la Resrva Forestal Protectora El Malmo. Tunja.
- IPCC, I. P. (2003-2006). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.
- King, D. (1996). Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology* , 12: 25–44.
- Martínez & Fernandez (2004). Cambio climático: Una visión desde México. Mexico D.F.: Instituto Nacional de Ecología.
- Monroy, J. N., & Palacios, R. A. (2012). Huella de Carbono: más allá de un. *Actas – IV Congreso Internacional Latina de Comunicación: comunicación, control y resistencias* , p.58.

- Orjuela, E., Segura, M., Andrade, H., & Bermúdez, J. (s.f.). Modelos alométricos para estimar biomasa aérea total de las especies dominantes en bosques altoandinos, Colombia.
- Perez, L. M., & Díaz, T. J. (2010). *Estimación del carbono contenido en la biomasa de los bosques andinos en los departamentos de Santander y Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rüginitz, M. T., Chacón, M. L., & Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales -- 1 ed.--. Lima: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 79 p.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2009). *La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago de Chile: Naciones Unidas-Cepal.org.
- Sociedad Española de Ciencias Forestales, S. (2005). *Diccionario Forestal*. Mundi-Prensa Libros.

## ANEXOS

**Tabla 7: Inventario forestal 4 parcelas**

No.	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	CAP (M)	DAP $\geq$ 5 (M)	DIAMETRO DE LA COPA		h TOTAL (m)	h FUTE (m)	OBSERVACIONES
					X (m)	Y(m)			
1	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1,5	0,48	0,15	12,5	6,72	5,3	INCLINADO
2	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1,08	0,34	0,8	15	6,38	5,1	BIFURCADO
3	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,66	0,21	0,13	5	5,02	4,8	
4	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,02	0,32			8	5	FORRADO CON LIANA EPIFITAS
5	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,94	0,30	1	1	3,5	2	BIFURCADO
6	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	2,48	0,79			8,5	6	BIFURCADO-EPIFITAS
7	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1,1	0,35	1	1	4	1	TRIFURCADO-EPIFITAS
8	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	2,51	0,80	7	1	8,5	6	TRIFURCADO
9	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,61	0,19	7	1	3	1,5	
10	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,41	0,13	1	1	6	1	
11	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1,71	0,54	9	14	7	3	
12	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,71	0,23	1	1	5	2	
13	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1,5	0,48	5	6	7,5	6	
14	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1,18	0,38	8	3	8,5	6	BIFURCADO

15	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	2,4	0,76	13	11	9,3	6,1	
16	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,92	0,29	1	1	9,1	7	
17	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1,15	0,37	1	1	9,1	7	
18	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,99	0,32	2	3	9	7	
19	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	1,48	0,47	3	8	8,5	6,1	
20	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,46	0,15	2	2	4	1,5	
21	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,64	0,20	1	1	6,3	4	
22	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,38	0,12	1	1	2	1	
23	GAMUZO, LAUREL, ORJA DE MULA	<i>Ocotea calophylla Mez</i>	0,36	0,11	1	1	4,5	1	
24	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,31	0,42	5	9	8	5	
25	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,31	0,42	6	7	11	8	
26	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,59	0,19	6	8	6	4	
27	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,83	0,26	6	4	10	7	
28	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,64	0,20	7	5	7	5	
29	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,56	0,18	7	3	9	5	
30	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,4	0,13	5	7	9	8	
31	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,81	0,26	5	8	10	7	
32	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,83	0,26	5	7	8	5	
33	HELECHO ARBOREO	<i>Cibotium sp.</i>	0,65	0,21	8	8	9	4,5	
34	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,45	0,46	7	6	10	4	BIFURCADO
35	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,42	0,45	8	10	11	5	BIFURCADO
36	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,78	0,25	8	10	11	4	
37	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,51	0,16	4	7	7	5	
38	GAMUZO, LAUREL,	<i>Ocotea calophylla Mez</i>	0,8	0,25	6	6	10	7	



	ORJA DE MULA								
39	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,84	0,27	5	5	7	7	
40	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,84	0,27	8	7	10	6,5	
41	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,87	0,28	6	8	11	10	
42	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,13	0,36	11	8	11	9,6	
43	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,04	0,33	4	7	10	4	
44	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,77	0,25	8	8	7	3	
45	GAMUZO, LAUREL, ORJA DE MULA	<i>Ocotea calophylla Mez</i>	0,93	0,30	6	7	10	3,6	
46	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,65	0,21	6	5	7	5	
47	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	0,83	0,26	8	6	8	3	EXUDADO AMARILLO
48	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,52	0,17	3	2	5	1	
49	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,26	0,08			6	1	TRIFURCADO
50	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,33	0,11	3	2	5	2	
51	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,86	0,27	6	4	7	2	EPIFITAS
52	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	2,16	0,69	5	3	22	11	
53	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,9	0,29	3	2	6	3	EPIFITAS LIANA
54	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	2,58	0,82	3		7	2	4 FURCACIONES
55	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,47	0,15	2	3	5	2	
56	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,98	0,31	3	4	6	2	BIFURCADO
57	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,52	0,48	3	2	8	3	BIFURCADO
58	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,78	0,25	4	4	9	7	
59	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,48	0,47	4	2	9	6	
60	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,4	0,13	3	4	7	3	
61	MANO DE	<i>Oreopanax incisus (Willd. ex</i>	0,27	0,09	2,5	1	7		

	OSO	<i>Schult.) Decne. Y Planch.</i>							
62	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	0,92	0,29	1	1	6	4	
63	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,7	0,22	3	4	11	9	
64	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	3,13	1,00	5	3	12	10	
65	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	0,27	0,09	2	1	3,2	1	
66	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,4	0,13	2	1	5	1	
67	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,66	0,21	3	2	10	6	EPIFITAS
68	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,46	0,15	4	2	9	6	
69	HELECHO ARBOREO	<i>Cibotium sp.</i>	0,56	0,18	1,5	2,5	2,2	-	
70	HELECHO ARBOREO	<i>Cibotium sp.</i>	0,64	0,20	0,8	0,5	1,5	-	
71	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,27	0,40	7	4	5	2,5	BIFURCADO
72	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,8	0,25	5	3,5	5,5	2,5	BIFURCADO
73	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,57	0,18	5	1	4	2	
74	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,61	0,19	3,5	3,5	5	3	
75	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,37	0,12	3,5	1,5	3	1	
76	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,62	0,20	3	3	6,5	5	
77	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,71	0,23	2	3	6,5	3	
78	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,49	0,16	2	5,2	6	4	
79	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,67	0,21	2	5	6,5	4	
80	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	0,28	0,09	6	4	5	4	
81	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,92	0,29	3	6	5,5	3,5	
82	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	0,35	0,11	3	5	5,5	3	
83	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	0,85	0,27	3	4	7,5	2,5	
84	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,74	0,24	4	6	6	4	
85	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,56	0,18	3	7	6	4	
86	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	0,54	0,17	7	5	7	5	

87	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	1,12	0,36	7	5	10	6	
88	GAQUE	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	1,13	0,36	7	5	10	4	
89	GARROCHO	<i>Viburnum tinoides L.f.</i>	0,26	0,08	1	1	3		con líquenes
90	RAQUE	<i>Vallea stipularis L.f.</i>	0,1	0,03	2	0,3	3		
91	RAQUE	<i>Vallea stipularis L.f.</i>	0,14	0,04	1	1	5		
92	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,86	0,27	5	3	5		
93	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,48	0,15	4	3	5		
94	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,75	0,24	4	5	6		
95	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,1	0,35	6	5	8		
96	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,61	0,19	3	2	7		bromelias epifitas
97	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,78	0,25	2	3	7		
98	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,23	0,07	1	1	4		
99	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,71	0,23	3	3	6		
100	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,87	0,28	2	2	7		
101	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,7	0,22	3	4	6		
102	ARRAYAN	<i>Myrcianthes rhopaloides (Kunth) McVaugh</i>	0,34	0,11	3	4	8		
103	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,36	0,11	2	4	7		
104	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,5	0,16	3	5	4		varias bifurcaciones
105	ARRAYAN	<i>Myrcianthes rhopaloides (Kunth) McVaugh</i>	0,1	0,03	1	1	3,5		
106	GARROCHO	<i>Viburnum tinoides L.f.</i>	0,2	0,06	1	1	2,5		
107	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,05	0,02	1	1	2,5		
108	UVO-ANISO	<i>Cavendishia bracteata (Ruiz &amp; Pav. ex J.St.Hil.) Hoerold</i>	0,1	0,03	1	1	7		
109	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,7	0,22	2	3	6		
110	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,34	0,11	2	3,00	4,5		

111	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,46	0,15	3	1	4,6		
112	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,62	0,20	4	3	6		
113	ARRAYAN	<i>Myrcianthes sp.</i>	0,94	0,30	6	8	8	4,5	LIQUENES
114	TUNO	<i>Miconia sp.</i>	0,46	0,15	4	2	3	1,3	
115	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,62	0,20	5	8	8	3	
116	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,24	0,08	4	5	5	2	
117	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,37	0,12	2	6	6	4	
118	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,24	0,08	5	8	9	2	
119	ENCENILLO	<i>Weinmannia tomentosa</i>	1,16	0,37	4	7	7	2,5	