

FIJACION DE CARBONO EN DOS ESPECIES FORESTALES PALO NEGRO (*Piptocoma
discolor*). *Kunth Pruski*. Y MOROCHILLO (*Miconia minutiflora*) *Bonpl. DC*). EN -BOSQUE
SECUNDARIO DEL JARDIN BOTANICO TROPICAL AMAZONICO DEL MUNICIPIO
DE MOCOA

EDWIN CAMILO GIRALDO MURILLO
AMALIA HORTUA JURADO

INSTITUTO TECNOLOGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS BASICAS
INGENIERIA FORESTAL
INGENIERIA AMBIENTAL
MOCOA JUNIO 2018

FIJACION DE CARBONO EN DOS ESPECIES FORESTALES PALO NEGRO (*Piptocoma discolor*). Kunth Pruski. Y MOROCHILLO (*Miconia minutiflora*) Bonpl. DC. EN UN BOSQUE SECUNDARIO DEL JARDIN BOTANICO TROPICAL AMAZONICO DEL MUNICIPIO DE MOCOA

EDWIN CAMILO GIRALDO MURILLO
AMALIA HORTUA JURADO

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Forestal y Tecnología en Saneamiento Ambiental respectivamente

ASESOR
LUIS ALEXANDER ESCOBAR RAMIREZ
Especialista en Gerencia Ambiental

INSTITUTO TECNOLOGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS BASICAS
INGENIERIA FORESTAL
INGENIERIA AMBIENTAL
MOCOA JUNIO 2018

Nota

“Los conceptos, afirmaciones y opiniones contenidas en el presente trabajo son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, y no compromete al Instituto Tecnológico del Putumayo”.
(CIECYT)

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Mocoa, Junio de 2018

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre Flor Marina Murillo, por ser el pilar más importante y por mostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional estando a mi lado siempre cuando más la necesitaba. A mi padre Ariel Giraldo, a pesar de nuestra distancia física, siento que ha estado conmigo siempre he recibido su apoyo incondicional en este transcurso de mi vida. A ti Eimy Amalia Hortua que siempre ha sido mi apoyo incondicional. A mi hija Allison Camila Giraldo que es el motor y motivo de mi vida.

A mis hermanos Ariel Andrés Giraldo y Yeferson David Giraldo quienes me apoyaron y alentaron para continuar, cuando parecía que me iba a rendir a Luis Edmundo García C. por el gran apoyo que me brindo durante toda mi carrera profesional

A mis familiares, amigos y compañeros de estudio con quienes compartí muchos momentos importantes en el transcurso de mi estudio.

Finalmente, a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis

EDWIN CAMILO GIRALDO MURILLO

Dedicatoria

Se la dedico al forjador de mi camino, a mi padre Celestial, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo. Quiero agradecerte a ti Edwin Camilo Giraldo que siempre ha sido mi apoyo incondicional para seguir adelante, y a todas aquellas personas que amo, con mi más sincero amor.

AMALIA HORTUA JURADO

Lista de contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Título	20
1.1. Formulación del problema	20
1.2 Descripción del problema	20
1.3. Justificación	21
1.4. Objetivos	23
1.4.1 Objetivo general.	23
1.4.2 Objetivos específicos	23
1.5. Marco referencial	23
1.5.1 Marco contextual.	23
1.5.2 Marco teórico	25
1.5.3 Estado del arte	31
1.5.4 Antecedentes	34
1.5.5 Marco legal.	37
1.6. DISEÑO METODOLÓGICO	40
1.6.1 Localización de los árboles	40
1.6.2 Caracterización dendrometrica.	40
1.6.3 Selección de la muestra.	41
1.6.4 Modelo de análisis e interpretación de datos.	43
1.6.4.1 Cálculo de volumen.	43
1.6.4.2 Cálculo de biomasa.	44
1.6.4.3 Cálculo de la densidad de las diferentes partes del árbol.	44
1.6.4.4 Conversión de volumen a biomasa.	45
1.6.4.5 Cálculo de biomasa total	45
1.6.4.6 Cálculo de carbono aéreo total.	46
1.6.4.7 Cálculo de carbono radicular.	46
1.6.4.8 Cálculo de carbono total.	46
1.6.4.9 Cálculo de Biomasa de follaje.	47
1.6.4.10 Cálculo de biomasa de madera total y no comercial (Ramas).	47
1.6.4.11 Cálculo de biomasa de corteza	47
1.6.4.12 Cálculo de carbono total.	48
1.6.4.13 Cálculo de Bióxido de carbono	48
1.6.4.14 Coeficiente de forma según la fórmula de Schuberg y Schiffel $K = Di/d.a.p$	48
1.7 Tipo de investigación	49
1.8 Hipótesis	50
1.9 Línea y sublínea de investigación	50
2. Resultados	51
2.1 Cociente de forma.	51
2.2 Tamaño de la muestra para análisis de carbono.	52
2.3. Variables calculadas en condiciones verdes y seca al aire y seca al horno	54

2.4 Densidad promedia de las diferentes partes constitutivas de los 5 árboles muestra en condición verde (V), seca al aire (SA) y seca al horno (SH).	61
2.5. Calculo de biomasa de los componentes constitutivos de cada árbol muestra de (<i>Piptocoma discolor</i>)	62
2.6. Calculo de biomasa de los componentes constitutivos de cada árbol muestra de (<i>Miconia minutiflora</i>)	63
2.7 Calculo de biomasa y carbono total de 5 árboles de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>).	65
2.8 Calculo de biomasa y carbono total de 5 árboles de la especie (<i>Miconia mminutiflora</i>).	66
2.9 Calculo de biomasa y carbono total para la totalidad de árboles inventariados de <i>Piptocoma discolor</i> distribuidos	67
2.10 Calculo de biomasa y carbono total para la totalidad de árboles inventariados de (<i>Miconia minutiflora</i>)	68
2.11 Cálculo de CO ₂ total fijado por los árboles de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>) y (<i>Miconia minutiflora</i>)	68
2.12 Clasificación diamétrica de la población de (<i>Piptocoma discolor</i>) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico.	69
3. Conclusiones	72
4. Recomendaciones	74
Bibliografía	75
Anexos	79
Anexo 1 Planillas de campo del inventario forestal	80
Anexo 2. Area basal, Volumen total y comercial de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>).	83
Anexo 3. Area basal-Volumen total y comercial dela especie (<i>Piptocoma discolor</i>)	86
Anexo 4. Registro fotográfico.	88
Anexo 5. Plano topográfico-Jardín Botánico Tropical Amazónico	90

Lista de cuadros

	Pàg.
Cuadro 1: Planilla de campo, para recepcionar la información	42
Cuadro 2 Planilla Estadígrafos utilizados en el análisis estadístico	42
Cuadro.3. Calculo de volumen de corteza de 5 árboles muestreados de las especies (<i>Piptocoma discolor</i>) Kunth. Pruski. Morochillo (<i>Miconia minutiflora</i>). Bompl. DC	48
Cuadro 4. Ciclo holístico de la investigación	49
Cuadro. 5. Cocientes de forma de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>). Kunth. Pruski	51
Cuadro. 6. Cocientes de forma de la especie Morochillo (<i>Miconia minutiflora</i>). Bompl. DC	51
Cuadro 7. Calculo de variables en 5 árboles de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>). Kunth. Pruski	52
Cuadro 8. Calculo de variables en 5 árboles de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>). Bompl. DC	53
Cuadro 9. Relación entre DAP, altura comercial, altura total, volumen total y comercial de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>). Kunth. Pruski	53
Cuadro 10. Relación entre DAP, altura comercial, altura total, volumen total y comercial de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>). Bompl. DC	54
Cuadro 11. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición verde (<i>Piptocoma discolor</i>). Kunth. Pruski)-	55
Cuadro 12. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición Seca al Aire (<i>Piptocoma discolor</i>). Kunth. Pruski)-	56
Cuadro 13. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición Seca al Horno (<i>Piptocoma discolor</i>). Kunth. Pruski)-	57
Cuadro 14. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición verde (<i>Miconia minutiflora</i>). Bompl. DC)-	58
Cuadro 15. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición Seca al Aire (<i>Miconia minutiflora</i>). Bompl. DC)	59
Cuadro 16. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición Seca al Horno (<i>Miconia minutiflora</i>). Bompl. DC)-	60
Cuadro 17. Densidad promedio de las diferentes partes constitutivas de los 5 árboles muestra en condición verde (V), seca al aire (SA) y seca al horno (SH). Especie (<i>Piptocoma discolor</i>)	51
Cuadro 18. Densidad promedio de las diferentes partes constitutivas de los 5 árboles muestra en condición verde (V), seca al aire (SA) y seca al horno (SH). Especie (<i>Miconia minutiflora</i>)	61
Cuadro 19. Peso de la capa foliar en condición verde, seca al aire y seca al horno de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>)	62
Cuadro 20. Peso de la madera de fuste en condición verde-seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de (<i>Piptocoma discolor</i>)	62
Cuadro 21. Peso de la corteza en condición verde, seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>)	63
Cuadro 22. Peso de la Raíz en condición verde, seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de (<i>Piptocoma discolor</i>).	63

Cuadro 23. Peso de la capa foliar en condición verde, seca al aire y seca al horno de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>)	64
Cuadro 24. Peso de la madera de fuste en condición verde-seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de (<i>Miconia minutiflora</i>)	64
Cuadro 25. Peso de la corteza en condición verde, seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>)	64
Cuadro 26. Peso de la Raíz en condición verde, seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de (<i>Miconia minutiflora</i>).	65
Cuadro 27 Calculo de biomasa y carbono total de 5 árboles de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>)	66
Cuadro 28 Calculo de biomasa y carbono total de 5 árboles de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>).	66
Cuadro 29. Relación entre la biomasa (B) , carbono (C) y dióxido de carbono (CO ₂) del promedio de los cinco árboles muestreados, de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>)	69
Cuadro 30. Relación entre la biomasa (B) , carbono (C) y dióxido de carbono (CO ₂) del promedio de los cinco árboles muestreados, de la especie (<i>Miconia minutiflora</i> .)	69
Cuadro. 31.Distribución diamétrica de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico.	69
Cuadro.32 Distribución diamétrica de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico.	70

Lista de graficas

	Pág.
Grafica 1. Cociente de forma de árboles de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>). <i>Kunth. Pruski.</i>)	51
Grafica 2. Cociente de forma de árboles de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>). <i>Bompl. DC.</i>)	52
Grafica 3. Relación del DAP, altura comercial, altura total, Volumen comercial y total de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>). Kunth. Pruski	53
Grafica 4. Relación del DAP, altura comercial, altura total, Volumen comercial y total de la especie (<i>Miconia minutiflora</i>). Bompl. DC	54
Grafica. 5. Distribución diamétrica de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico.	70
Grafica. 6. Distribución diamétrica de la especie (<i>Piptocoma discolor</i>) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico.	71

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Ciclo del carbono	26
Figura 2. Palo negro (<i>Piptocoma discolor</i>) Kunth.Pruski- Jardín Botánico Tropical Amazónico	30
Figura 3. Morochillo (<i>Miconia minutiflora</i>). Kunth.Pruski	31

Abreviaturas

AB: Área basal

BA: Biomasa aérea

BF: Biomasa de fuste

BT: Biomasa aérea total

C.F: Coeficiente de forma

CO₂: Dióxido de carbono

CCC: Certificados de captura de Carbono

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

DAP: Diámetro a la altura del pecho (1.30mts)

DC: Diámetro de copa

E.F: Espesor de follaje

FEB: Factor de expansión de biomasa

GPS: Sistema de Posicionamiento geográfico

HCP: Altura De Copa

HC: Altura comercial

HT: Altura total

VT: Volumen total

Glosario

Ahusamiento: estimar el diámetro del fuste a cualquier altura o encontrar la altura para un determinado diámetro, esto permite cubicar y calcular los productos a extraer. El fin de esta función es integrarla a un simulador de crecimiento y trozado.

Área basal: el área basal es al área en metros cuadrados

Abundancia: suele aplicar a la frecuencia de individuos de una determinada especie en una unidad espacial o biotopo previamente definida

Biomasa: es aquel material orgánico biodegradable y no fosilizado originado de plantas, animales y microorganismos; incluye productos, subproductos, residuos y desechos de la agricultura, industrias afines.

Cociente absoluto de forma de Jhonson: definido como el diámetro a la mitad de la altura a partir de la altura del pecho dividido por el D.A.P.

Densidad: relación existente entre el número de individuos de una especie dada o una forma de crecimiento, y la superficie de un lugar.

Diámetro: línea recta que pasa por el centro del círculo y termina por ambos extremos en la circunferencia.

DAP: la medida más típica del diámetro de un árbol es el diámetro a la altura del pecho, que se representan abreviando con las letras DAP, dap; d.a.p, (en inglés d.b.h.). Con esta medida se trata de conocer el diámetro que tiene el fuste del árbol a la altura de 1.30 m. sobre el nivel del piso.

Factor de expansión de biomasa (FEB). El FEB es la proporción directa entre la biomasa aérea total (BT) y biomasa de fuste (BF).

Factor de forma: se define como la relación entre el volumen de un árbol o fuste al volumen de un sólido geométrico de las mismas dimensiones (diámetro y altura).

Funciones de ahusamiento: son modelos matemáticos que entregan el diámetro sin corteza a cualquier altura del fuste.

MDL forestales (Mecanismo de desarrollo limpio en la actividad forestal)

Resumen

Esta investigación se realizó teniendo como referente a la metodología que tiene el gobierno peruano denominada “Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales” como también experiencias y conocimientos en el campo de la dendrometría, aplicadas en nuestro país, con lo cual se logró con éxito obtener datos de biomasa de follaje, madera comercial, madera no comercial (ramas) y del sistema radicular sin tener la necesidad de destruir los arboles muestreados. Se recurrió a técnicas de inventarios forestales, dasometría, dendrología, propiedades físicas de la madera, estadística descriptiva, cálculo de variables como el coeficiente de forma, densidad de los diferentes componentes de las especies Palo negro (*Piptocoma discolor* Kunth. Pruski) y Morochillo (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC) en condición verde, seca al aire y seca al horno, para lo cual no existe una metodología concreta e integra. Igualmente se tomó algunos indicadores sobre captura de carbono obtenidos por el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), en varias regiones del mundo.

En esta investigación se desarrollaron los siguientes objetivos: Cuantificación del carbono almacenado en los árboles de las especies Palo negro (*Piptocoma discolor* Kunth. Pruski) y Morochillo (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC) localizados en un bosque secundario y enriquecido con especies maderables del Jardín Botánico Tropical Amazónico del Municipio de Mocoa. Calculo del bióxido de carbono para producir el carbono capturado por la especie. Calculo del coeficiente de forma de dichas especies, cálculo de la densidad de los diferentes componentes constitutivos de la especie en condiciones verde, seca al aire y seca al horno. Calculo del contenido de biomasa de la parte aérea y radicular. Determinación de las características dendrométricas.

Palabras claves: Área Basal, Ahusamiento, Captura de carbono, Cociente de forma, Contaminación atmosférica. Georreferenciación, Volumen de Biomasa,

Summary

This research was conducted with reference to the methodology that the Peruvian government has called "Guide for the determination of carbon in small rural properties" as well as experiences and knowledge in the field of dendrometry, applied in our country, which was achieved successfully obtain biomass data from foliage, commercial wood, non-commercial wood (branches) and the root system without having to destroy sampled trees. We used forestry inventory techniques, dasometry, dendrology, physical properties of wood, descriptive statistics, calculation of variables such as the shape coefficient, density of the different components of the Black Stick species (*Piptocoma discolor Kunth, Pruski* and Morochillo (*Miconia Minutiflora, Bonpl. DC*) in Green condition, air dried and kiln dried, for which there is no specific and integrated methodology, as well as some indicators on carbon capture obtained by the IPCC, in several regions of the world.

In this research, the following objectives were developed: Quantification of the carbon stored in the trees of the Palo negro (*Piptocoma discolor Kunth. Pruski*) and Morochillo (*Miconia minutiflora, Bonpl. DC*) species located in a secondary forest and enriched with timber species from the Garden Tropical Botanical Amazon of the Municipality of Mocoa. Calculation of carbon dioxide to produce the carbon captured by the species. Calculation of the coefficient of shape of these species, calculation of the density of the different constituent components of the species in green, air-dried and kiln-dried conditions. Calculation of the biomass content of the aerial and radicular part Determination of the dendrometric characteristics.

Keywords: Basal Area, Bias, Carbón sequestration, Shape quotient, Air pollution. Georeferencing, Biomass Volume,

Introducción

El Jardín Botánico Tropical Amazónico, es el principal centro de investigación ambiental y forestal de la comunidad académica del Instituto Tecnológico del Putumayo, en el que se reporta una gran variedad de especies forestales de incalculable valor ambiental, para los ecosistemas amazónicos y que son potencialmente viables dentro del comercio mundial del carbono, pero que desafortunadamente se conoce muy poco de su comportamiento fisiológico frente a la capacidad de capturar carbono y bióxido de carbono, tales como las especies de palonegro (*Piptocoma discolor* Kunth. Pruski) y Morochillo (*Miconia minutiflora*, Bonpl. DC)

Gran parte del aumento de CO² en la atmósfera se debe, entre otras cosas a la destrucción de los grandes bosques del mundo y aún más a la falta de políticas y conocimientos que incentiven el establecimiento de plantaciones como sumideros del CO² atmosférico. Para el establecimiento de dichas plantaciones es necesario tener en cuenta la selección, a través del mejoramiento genético forestal, de las especies, poblaciones, familias e individuos que nos permitan, obtener los mayores beneficios.

Estas especies además de tener un uso maderable han sido consideradas, como un importante sumidero de carbono, por su rápido crecimiento, una rápida formación de biomasa y que amerita que se realicen investigaciones tendientes a identificar las especies de mayor potencialidad, para capturar carbono frente a otras especies de tardío crecimiento, ya que se trata de dos especies que por su carácter fenotípico y fisiológico cuenta con una estructura y arquitectura vertical con un amplia distribución fitosociológica. Además, poseen un denso y perenne follaje, que hacen de estas características unas especies de fácil domesticación y manejo.

Con esta investigación se evaluó la cantidad de carbono y bióxido de carbono almacenado en la biomasa de las diferentes partes del árbol, follaje, tallos, ramas, raíces de estas especies que se desarrollan en este ecosistema desde hace más de 30 años. Para el logro de este objetivo se utilizó una metodología de cálculo indirecto, a partir de la biomasa obtenida en pie, sin

destrucción del árbol, y que para su uso se cumplió con un protocolo que no afecta a dichas especies.

Para el cálculo de la biomasa total, fundamental para el cálculo del carbono total incluyendo carbono aéreo y radicular se utilizó la fórmula propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y Biodiversidad. (IPCC)

1. Título

FIJACION DE CARBONO EN DOS ESPECIES FORESTALES PALO NEGRO (*Piptocoma discolor*). Kunth Pruski). Y MOROCHILLO (*Miconia minutiflora*) Bonpl. DC). EN BOSQUE SECUNDARIO DEL JARDIN BOTANICO TROPICAL AMAZONICO DEL MUNICIPIO DE MOCOA

1.1. Formulación del problema

Qué cantidad de carbono es capturado y fijado como biomasa por las especies Palo negro (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski) , y Morochillo (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC), en el bosque secundario del Jardín Botánico Tropical Amazónico?

1.2 Descripción del problema

El bosque del Jardín Botánico Tropical Amazónico, es una fuente indispensable en la prestación de bienes y servicios ambientales, para la población del Municipio de Mocoa especialmente a la comunidad académica del Instituto Tecnológico del Putumayo, tanto por su ubicación geográfica, como por toda su biodiversidad de flora, fauna y otros recursos naturales, de incalculable valor ambiental. Este ecosistema se ha constituido en un escenario para la investigación en diferentes campos de la ciencia, por cuanto allí se ha conformado con el pasar de los años un banco de germoplasma, que amerita investigar en lo posible cada una de las especies forestales allí presentes, con alta capacidad de absorber los gases de efecto invernadero, entre ellos el CO₂ a través de un proceso natural denominado Fotosíntesis y muchas de estas especies con una mayor eficiencia para producir altos volúmenes de biomasa y por ende fijar grandes cantidades de carbono, por la exuberancia del follaje y por tratarse muchas ellas de especies de rápido crecimiento..

Según el protocolo de Kioto y las consecutivas conferencias sobre el Cambio Climático, han logrado inculcar el interés sobre la importancia que tienen los ecosistemas forestales y

agroforestales para fijar carbono, ya que la única forma de limpiar el CO_2 de la atmósfera es a través del proceso de la fotosíntesis. Este importante servicio ambiental en términos de la ecología puede coadyuvar a fortalecer los proyectos de mitigación de huella del carbono, dentro del marco del mecanismo de Desarrollo Limpio (Benítez, De Koning, López, & Paredes, 2002), pero desafortunadamente estos proyectos, han tenido poco auge por cuanto aún se desconoce la capacidad de captura de carbono de las diferentes especies forestales autóctonas de nuestros bosques tropicales amazónicos. Según (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 etc., y plantaciones con especies nativas, aplicando métodos con ecuaciones alométricas, y descuidando las evaluaciones dasométricas, que nos brindan con mayor precisión los contenidos de biomasa y por ende la cantidad de carbono fijado por estas especies forestales.

Por lo anterior es imperativo evaluar y calcular la cantidad de biomasa y de carbono fijado por las especies Palo negro (*Piptocoma discolor.*) Kunth. Pruski), y Morochillo (*Miconia minutiflora.* Bonpl. DC). por ser especies que presentan un rápido crecimiento, un abundante follaje y una amplia distribución, con una excelente regeneración natural y que permite tipificarlas como especies altamente potenciales para fijar carbono y propiciar condiciones ambientales favorables al ecosistema

1.3. Justificación

La industrialización de los países, conlleva implicaciones ambientales de gran magnitud, especialmente por la producción de gases de efecto invernadero, que se localizan alrededor de la corteza terrestre, lo que ha traído como consecuencia el constante cambio climático, con la generación de eventos hidrológicos incontrolables, y desastres naturales que comprometen la supervivencia del hombre. Siendo el CO_2 el gas de mayor efecto invernadero, producido por el uso excesivo de combustibles fósiles y el cambio en el uso del suelo, que se constituyen en los detonantes más importantes de dicho cambio en nuestro planeta. Estas implicaciones solo se

pueden minimizar a medida que se mantengan, restauren y/o aumenten los bosques, que además de los servicios ambientales de provisión, soporte, sirven de reguladores, y estabilizadores del ciclo hidrológico, y el ciclo global del carbono, porque almacena grandes cantidades de Carbono en la vegetación y en el suelo, e intercambian carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, convirtiéndose así en sumideros de carbono atmosférico (Brown, 1997).

Según Bifani-Richard (2012) Se ha observado una fuerte correlación entre desarrollo económico y emisiones de CO² per cápita a través del tiempo y de los países. Norte América y Europa han producido alrededor del 70% de las emisiones de CO² debido a la producción de energía a partir de 1850, mientras que los países en desarrollo han contribuido con menos de ¼ de las emisiones. Pero el mayor crecimiento poblacional de los países en desarrollo, unido al aumento de los ingresos significa que las emisiones de dichos países crecen más rápidamente que en el mundo desarrollado, particularmente en economías tales como China, India y Brasil

En tal sentido y atendiendo a los lineamientos del Protocolo de Kioto, los países participantes se comprometieron a la reducción de tales emisiones, siendo la restauración de los bosques naturales y fomento de plantaciones una alternativa para mitigar estas emisiones, a través de la absorción de CO₂, (Gayoso & Schlegel, 2001). Por otra parte, para evaluar la eficiencia de los programas y proyectos direccionados a la mitigación de huella del carbono, apoyados por muchos organismos gubernamentales y ONGs internacionales, se requiere la necesidad de estimar la biomasa, como un parámetro fundamental para determinar la cantidad de carbono fijado en las diferentes especies forestales y que se constituyan en soporte técnico-científico para dichos proyectos. Según (Brown, 1997), dada la directa relación que tiene el contenido de carbono con el contenido de biomasa que es de (aproximadamente el 50%).

Con la investigación sobre fijación de carbono en dos especies forestales palonegro (*Piptocoma discolor Kunth*). Pruski y morochillo (*Miconia minutiflora*). Bonpl. DC. se pretende generar un mayor conocimiento y desarrollo de nuevas estrategias de “aprovechamiento” de los bosques de una forma sostenible que involucre los servicios ambientales de estas especies y que conduzcan a la mitigación de los impactos ambientales

desde un ámbito local hasta uno global. Esta investigación genera y fortalece las bases para poder adelantar más investigaciones pertinentes al caso que conlleven a la generación de beneficios del bosque como sumideros de CO² y a la conservación del stock disponible en el bosque de Jardín Botánico Tropical Amazónico y en general de los bosques tropicales, y que conduzcan a la mitigación de los impactos ocasionados por el cambio climático.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Determinar el volumen de la biomasa en términos de carbono almacenado, en las especies Palo negro (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski y Morochillo (*Miconia minutiflora*.) Bompl. DC. en el bosque secundario del Jardín Botánico Tropical Amazónico del Municipio de Mocoa,.

1.4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar, el contenido de biomasa disponible en los diferentes componentes arbóreos (aéreo y radicular), de las especies (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski y Morochillo (*Miconia multiflora*.) Bompl.DC.
- Determinar la fijación de Carbono en cada componente aéreo y radicular de las especies (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski y Morochillo (*Miconia minutiflora*.) Bompl.DC localizadas en el Jardín Botánico Tropical Amazónico.
- Implementar una metodología de captura de carbono, por método directo, no destructivo y recurriendo a principios dasométricos

1.5. Marco referencial

1.5.1 Marco contextual. Localización del Jardín Botánico Tropical Amazónico. Según el Jardín Botánico Tropical Amazónico se encuentra ubicado en la zona Sur Oriental a tres (3) kilómetros del municipio de Mocoa, vía principal que conduce a la ciudad de Villagarzón, en

la vereda Caliyaco, sobre la pendiente de la cordillera Andina, posee un área de 19.7 has y corresponde a zonas de colinas altas y bajas, con terrazas fuertemente disectadas, con pendientes que oscilan entre el 10 y 50%, se encuentra entre las siguientes coordenadas:

Norte Latitud 010 07 17 N y Longitud 76° 38 10 W

Sur Latitud 01° 07 05 N y Longitud 76° 38 03 W

Oriente Latitud 01° 07 17 N y Longitud 76° 37 11 W

Occidente Latitud 010 07 14 N y Longitud 76° 38 11W

Fisiografía. El Jardín Botánico Tropical Amazónico, hace parte de la gran llanura amazónica en la cual en este sector se encuentran diferentes ciclos orogénicos que levantaron los andes; en este pie de monte afloran rocas de origen ígneo, metamórficas o sedimentarios, posee buen drenaje, pero con mucha susceptibilidad a la erosión.

Hidrología. Cuenta con tres cursos de agua representados por el río Mocoa y dos fuentes de agua que nace en el predio (yacimientos naturales de escaso caudal); el río Mocoa bordea la parte oriental del Jardín.

Climatología

Temperatura: 23.3° C.

Precipitación: 4.250 mm/año

Brillo Solar: 954 horas/año

Altitud: 530 m.s.n.m.

Zona de vida: Bosque húmedo Tropical (bh — T)

Ecología. Presenta una vegetación abundante, exuberante y densa, con gran diversidad de especies regeneradas de manera natural, que sirve como hábitat de fauna; muchas especies de ellas amenazadas o en peligro crítico. Lo cual permite la conservación, valoración y aprovechamiento de dicha diversidad mediante el fomento de la investigación y la educación ambiental.

Suelos. Cuenta con un buen drenaje, pero con mucha susceptibilidad a la erosión, por tratarse de suelos en frecuente formación. Se caracteriza por presentar un considerable grado de acidez donde la saturación de base es pobre, el contenido de calcio bajo, magnesio y potasio intercambiable para cumplir los requerimientos de las plantas, escasez de fósforo y alta contenido de aluminio. Los suelos se clasifican como entízales originarios por procesos aluviales de alta meteorización, presentan perfiles no desarrollados de textura franco arcillosa de colores gris amarillo con bajo contenido de material orgánico y PH ácido.

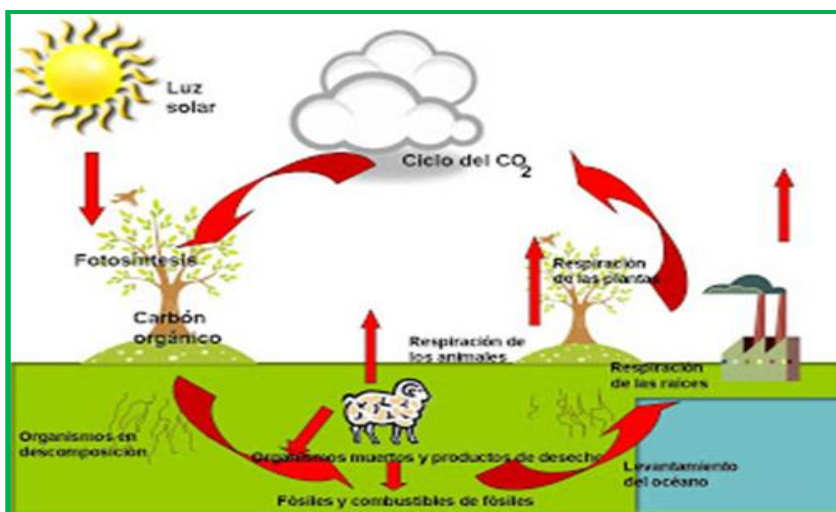
Fauna. En el jardín se encuentra gran variedad de fauna: mamíferos tales como guaras (*Dasyprocta punctata*), armadillo (*Dacypus noverncíntus*), borugas (*Agouti. paca*), ardillas (*Sciurus sp*), mono soldado (*Saimiri sciureos*), aves como la guacharaca (*Ortalís guttata*), muchileros (*Gacucos sp.*), gavilanes (*Falco sp.*), azulejo (*Traupis episcope*), loros (*Fionopsitta sp.* y *Pionus sp*), algodóneros (*Gissopsis leveriana*), torcazas (*Zenaída sp*), carpintero (*Ganphepilus sp.*), gallito de roca (*Rupícola peruvianos*) entre otros.

Composición florística. La vegetación que se encuentra en el área de influencia se puede ubicar dentro de tres tipos de bosques, rastrojo, bosque mixto y bosque primario intervenido (galería). En el Jardín Botánico existe una gran variedad de especies, epifitas, lianas y enredaderas que le dan a la zona una connotación especial propia de los bosques amazónicos.

1.5.2 Marco teórico.

El ciclo del carbono. El ciclo del carbono es uno de los procesos más importantes de la naturaleza para la supervivencia. En este ciclo, se presenta una interacción entre la atmosfera, los océanos, los sedimentos fósiles y la biosfera terrestre, que unidos entre si regulan el clima del planeta.

Figura 1. Ciclo del carbono



Fuente. <http://jacid8a.blogspot.com.co/2009/06/ciclo-del-carbono.html> fecha de consulta

Según Ordoñez (1999) citado por Zamora (2003). El ciclo funciona básicamente a través de la fotosíntesis, la respiración, las emisiones por quema de combustibles fósiles y fenómenos naturales como las erupciones volcánicas, en la figura 1, se muestra su representación. Afirma que, el ciclo del carbono es el responsable de la cantidad de CO₂ contenido en la atmósfera, ya que es el mecanismo que equilibra las cantidades de carbono presentes en los diferentes reservorios o almacenes de carbono en el planeta. Como consecuencia se establece todo un balance de carbono a través de procesos fijadores/almacenadores de carbono y otros que a su vez lo emiten. Oliva y García (1998), afirman que, en los ecosistemas terrestres, la vía más importante del flujo de carbono atmosférico a la vegetación y el suelo es biológica, por medio de la fotosíntesis y la descomposición, respectivamente. Este flujo involucra muchos procesos interactuantes, los cuales mantienen el equilibrio dinámico del intercambio de gases atmósfera planta suelo. La deforestación puede afectar este equilibrio dinámico de intercambio de gases, por lo que es muy importante conocer cuáles son los mecanismos que lo controlan

Flujos y almacenes de carbono en ecosistemas forestales. Según IPCC, (1995); Lashof y Ahuja, (1990); Mintzer, (1992) y Dixon y col. (1994), citados por Zamora (2003) mencionan que: El panorama actual del incremento de CO₂ atmosférico y la tendencia a que pueda aumentar más la tasa de emisión neta es desalentador. Sin embargo, afortunadamente es posible reducir dichas emisiones a la atmósfera por medio del ciclo biológico conocido como el ciclo

del carbono. Estimar con precisión la dinámica de los flujos netos de carbono entre los bosques y la atmósfera (es decir, el balance emisión-captura) es uno de los problemas abiertos más importantes en la discusión sobre cambio climático.

La biomasa. “Este término incluye todas las materias orgánicas tanto de origen animal como vegetal. También algunos expertos incluyen dentro de este concepto la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

El Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC (2002) afirma que: La biomasa forestal cumple un papel importante en el cambio climático, sirve como sumidero y a la vez es fuente de los GEI. Con el cálculo de la biomasa se obtiene un valor aproximado de la cantidad de C almacenado, porque existe una estrecha relación entre la biomasa y el C (2:1) (Ciesla, 1996). La fracción de carbono de la biomasa tiene un valor por defecto de 0,5; aunque en niveles metodológicos superiores hay un margen de variación en función de las especies, de los componentes de un árbol o de un rodal (tallo, raíces y hojas) y de la edad del rodal. Según (Salinas & Hernández, 2008) :(Brown, 1997) y ;(FAO, 1998). Incluye productos, subproductos, residuos y desechos de la agricultura, forestaría e industrias afines, así como las fracciones orgánicas y no fosilizadas de los desechos industriales y municipales. La biomasa también incluye los gases y líquidos recuperados de la descomposición de materiales orgánicos biodegradables y no fosilizados (Salinas & Hernández, 2008). La biomasa arbórea es la cantidad total de materia orgánica viva de la parte aérea de los árboles (hojas, ramas, tronco, corteza) expresada en t de peso seco al horno/unidad de área (árbol, ha, región, país); es la cantidad de C almacenado en el bosque. La biomasa en un bosque es el resultado de la diferencia entre la producción a través de la fotosíntesis y el consumo por la respiración, y procesos de cosecha

Fijación del CO². Montoya (1995), afirma que, a través de la fotosíntesis, la vegetación asimila CO² atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen. Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra. Según Oliva y

García-Oliva (1998), mencionados por Zamora (2003): La incorporación del C al ciclo biológico se da por medio de la fotosíntesis que produce energía bioquímica para los procesos fisiológicos y de formación de materia biológica (biomasa) a partir del CO², energía radiante y nutrientes. El CO₂ es tomado directamente de la atmósfera y su asimilación por la planta es conocida como fotosíntesis gruesa. Pero no todo el CO² asimilado es transformado a biomasa, sino que una parte es regresada a la atmósfera por medio de la respiración que se lleva a cabo durante los procesos fisiológicos. Castellanos y col. (1991), mencionados por Zamora (2003) El carbono fijado por las plantas se transforma en moléculas móviles, que se asignan a las diferentes estructuras de la planta para satisfacer sus demandas fisiológicas y estructurales. Esta asignación determina las rutas por las cuales se dará posteriormente el flujo de C al suelo. Cada especie de planta asignará más o menos C para producir biomasa en la parte aérea o en la parte subterránea. Por ejemplo, la biomasa subterránea en la selva estacional representa entre 40 y 50 % de la biomasa total, mientras que, en el bosque templado y la selva húmeda, la biomasa subterránea representa menos del 15%.

Relación raíz-fuste. Según Nadler, Meza, Torres, Jara (2001) e (IPCC) (2003). La medición directa en raíces o muestreo destructivo se realiza con excavadora, palas y picota, los trozos de raíces se lavan y pesan para luego medir el carbono almacenado; pero determinar la biomasa radicular es un proceso muy costoso, ésta se estima como un porcentaje de la biomasa arbórea sobre el suelo. En algunas investigaciones se determinan la biomasa radicular gruesa de especies importantes, lo que sirve para tener mejores estimaciones del carbono total del ecosistema en ciertos tipos de bosques. MacDicken (1997) menciona que, en caso de no tener estimaciones de biomasa radicular, se utilizará un porcentaje mínimo de 15% de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea, que es una estimación conservadora. Por otro lado, según Cairns et al. (1997), hay valores de razón R/T (raíz/tallo) para distintos lugares del mundo entre 0,20 y 0,30; es decir, 20 a 30% de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea. Para el (IPCC.2003) Para evitar el muestreo destructivo se recurre a los valores por defecto de las relaciones raíz-tallo, éstos valores se utilizarse para estimar la biomasa bajo el suelo. Para un bosque húmedo subtropical la relación media entre biomasa bajo el suelo y sobre el suelo es 0,24

Descripción de la Especie (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski

Familia: Asteraceae

Género: *Piptocoma*

Especie *Piptocoma discolor*

Nombres comunes Cenizo (Guaviare, Meta, Orinoquia); palo negro (Putumayo); gallinazo, piwi (Ecuador)

Descripción general. Árbol o arbusto de 4 a 15 m de altura, ramitas pardo-pubescentes. Hojas simples, alternas, pecioladas, de elípticas a ovado-lanceoladas, de 6-21 por 3,5-7,2 cm, ápice de agudo a acuminado, base cuneada, borde entero, lanoso-pubescentes en el envés. Corteza externa fisurada; color pardo negruzco. Ritidoma de consistencia leñosa que se desprende en placas finas. Inflorescencia corto-pedunculada en un denso corimbo, de 5 a 22 cm de largo. Flor, blancas; cada cabezuela contiene dos flores sostenidas por 5 a 7 escamas o brácteas dísticas, pubescentes; son bisexuales con 4 papús, largos, aplanados y aristados en sus bordes. Cáliz interno cubierto por escamas, tubular, gamopétalo 5 – lobado. Corola gamopétalo 5 – lobado. Estambres unidos al borde del pistilo, en número de 5 mm. De longitud con estigmas bifido. Ovario reducido y esférico (Jardín Botánico San Francisco 2013).

Descripción taxonómica. Arbol de 25-60 cm de diámetro y 15-30 m de altura total, con fuste cilíndrico, la ramificación desde el segundo tercio, la base del fuste recta.

Corteza externa lenticelada color marrón verdusco, también levemente agrietada, las lenticelas blanquecinas, frecuentemente en hileras verticales. Corteza interna color blanquecino con inclusiones aciculares longitudinales de color negro, muy notorias; cuando se expone al aire o a la luz por unas horas, las acículas se tornan blanquecinas y dejan de ser distinguibles. Ramitas terminales con sección circular, color marrón claro cuando secas, de unos 4-6 mm de diámetro, fina y densamente pubescentes. Hojas simples, alternas y dispuestas en espiral, agrupadas al extremo de las ramitas, de 12-16 cm de longitud y 3-7 cm de ancho, el peciolo de 1-3 cm de longitud, las láminas elípticas a ovadas, enteras a levemente sinuadas, la nerviación

pinnada, los nervios secundarios 9-13 pares, planos en la haz, el ápice agudo y cortamente acuminado, la base aguda, las hojas fina y densamente pubescentes en el envés. Inflorescencias en cabezuelas hermafroditas pequeñas y numerosas, de 1-1.5 cm de longitud, cada una con 1-2 flores rodeadas por varias brácteas dísticas, las cabezuelas dispuestas en panículas terminales. Flores pequeñas, de 7-9 mm de longitud, hermafroditas, con cáliz y corola presentes, el cáliz de 1-2 mm de longitud, cupuliforme, 5-dentado, la corola de 5-6 mm de longitud, tubular, 5-dentada, los estambres 5, epipétalos cerca del ápice de la corola; gineceo con ovario ínfero, unilocular. Frutos pequeños aquenios de unos 2 mm de longitud, de color pajizo, rodeados por las escamas florales persistentes (Gentry 1993; Reynel et al. 2003). (Kunth) Pruski

Figura 2. Palo negro (*Piptocoma discolor*) Kunth.Pruski- Jardín Botánico Tropical Amazónico



Fuente. Los autores

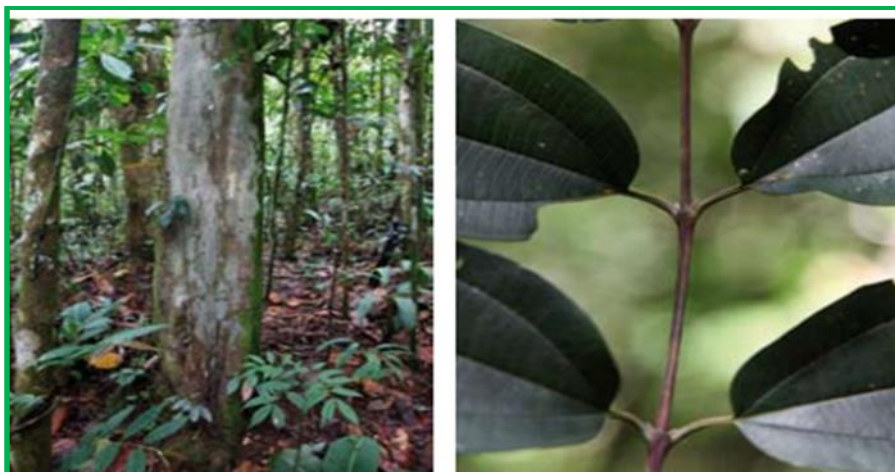
Descripción de la especie Morochillo (*Miconia minutiflora*). Kunth.Pruski.

Familia: Melastomataceae

Género: *Miconia*

Especie: *Miconia minutiflora*. Kunth.Pruski

Figura 3. Morochillo (*Miconia minutiflora*). Kunth.Pruski



Fuente. CEA-CORPOAMAZONIA (2010)

Caracteres vegetativos Árboles o arbustos hasta 15 m de altura. Hojas simples opuestas en forma de lanza y ovaladas 5–12, 5 x 2–5,5 cm, ápice largo y acuminado, base redondeada a obtusa, margen aserrado, en general sin pelos, 3–5-nervias, los nervios secundarios transversales, por el envés deprimidos y lisos al tacto

Distribución y ecología Se distribuye entre 0 – 2.000 m de altitud en los países Belice, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Guyana, Guyana Francesa, Honduras, islas del Caribe, México, Nicaragua, Panamá, Perú y Venezuela. En Colombia ha registrado en los departamentos de Antioquia, Caquetá, Casanare, Chocó, Guainía, Meta, Putumayo, Santander, Tolima y Vichada. En bosques húmedos tropicales y premontanos

1.5.3 Estado del arte. En la región amazónica existe escasa información sobre absorción de carbono en ejemplares individuales de especies maderables y aún más de especies potencialmente comerciales y de gran valor ambiental para los ecosistemas tropicales, no obstante existen algunas aproximaciones y ajustes de metodologías para determinar la biomasa en sus diferentes componentes, que contribuyen a conocer y evaluar los volúmenes de carbono, que fácilmente podrían incluirse en el mercado internacional de comercialización de carbono.

Se desconoce la verdadera cantidad de biomasa, implícitamente se desconoce con seguridad el verdadero valor agregado que producen los bienes y servicios de nuestros bosques a tal punto que es difícil dimensionar la dinámica forestal y la participación de la capacidad de carga de carbono de nuestros bosques en el ámbito nacional y mundial.

Existen algunos estudios en especies forestales en otras regiones de Colombia y de América los cuales servirán de referente para la investigación

La Agenda 21 fue el documento que incluyó los compromisos establecidos para garantizar el manejo sustentable de los recursos forestales y otros recursos naturales. Según Cole (1997) citado por Lara (2008), ha estimado que mediante técnicas de manejo agrícola, que incluyen la labranza mínima, los cultivos de cobertura, el uso de abonos orgánicos, el manejo de la irrigación y los sistemas agroforestales, la cantidad de carbono capturado por el suelo puede incrementarse, en un intervalo comprendido entre 0.44 a 0.88 por año, a una escala global, y que esta tasa de captura puede ser mantenida durante 50 años. Okimori, Ogawa & Takahashi (2003) citado por Lara, señalan por ejemplo que, al cabo de un año el 53% del carbono acumulado en la biomasa sin ningún tratamiento y esparcida en el campo retorna a la atmósfera como CO₂. En contraposición, el CV es la fracción orgánica del suelo con mayor estabilidad y permanece en él por varios miles de años.

Arley I. Moreno, Zennia E. García, Harley Quinto & Yan A. Ramos. Citado por Lara, (2008) en su investigación sobre productividad primaria neta de raíces de un bosque pluvial tropical (bp-t) en Lloró, Chocó –Colombia afirma que Las estimaciones de las existencias y tasas de captura de carbono de bosques son fundamentales para comprender el importante papel de estos ecosistemas en el cambio climático global. En el presente estudio se cuantificó la productividad primaria neta de raíces finas (≤ 5 mm de diámetro) y gruesas ($\geq 5 - 10$ mm de diámetro) en un bosque pluvial tropical en el municipio de Lloró, Chocó – Colombia. Para dicha finalidad se ubicaron dentro de una parcela permanente de investigación de una hectárea, doce unidades de muestreo de 5 x 5 m; distribuidas en suelos aluviales y de tierra firme.

La producción de raíces registradas en el bosque pluvial tropical del CMUTCH fue de 2,66 toneladas/ha/semestre (equivalentes a 1,335 toneladas de carbono, dado que el 50% de biomasa es C). De dicho total, el 63% (1,67 ton/ha/6meses) lo aportaron las raíces finas y el 37% (0,99 ton/ha/6meses) las raíces gruesas. Esta producción extrapolada al año equivale a 5,3 ton/ha/año. Podemos decir que este bosque presenta una alta productividad primaria neta subterránea y contribuye de forma positiva a la disminución del cambio climático global.

Camargo J.C, Arias L.M Rodríguez J.A & Dossman M.A resaltan la importancia de los bosques de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) en la provisión de servicios ambientales y en la mitigación del cambio climático, se presentan resultados de investigación relacionados con la fijación de carbono y la protección del suelo dentro de bosques dominados por guadua en la zona cafetera de Colombia. Dentro de cada parcela de muestreo fue medido también el carbono almacenado en el suelo. Finalmente, se obtuvieron valores de hasta 900 Tn/ ha de carbono total almacenado, los cuales variaron de acuerdo a las características de los bosques evaluados y del sitio

El Grupo de Investigación en Bosques y Cambio Climático de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín viene evaluando desde el año 1999 la dinámica del C en la vegetación y en el suelo, en función del estado sucesional en distintas coberturas vegetales: bosques primarios (BP), bosques secundarios (BS) y pastizales degradados (P), que rodean el embalse de la Central Hidroeléctrica Porce II, localizada en la cordillera Central de los Andes colombianos (Departamento de Antioquia). Para ello se realizaron seis censos en los BS y BP entre 1999 y 2006, así como un censo en los P en el año 2003. Para determinar las existencias del C del suelo se excavaron calicatas hasta 4 m de profundidad en las 3 coberturas y se muestreó el suelo en las 4 paredes de cada calicata a 14 profundidades. Ecuaciones no lineales se usaron para modelar el cambio en el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) entre los distintos tipos de coberturas. Así mismo, con el objeto de interpretar las diferencias de COS entre coberturas en términos del balance entradas salidas, también se muestreó la caída de hojarasca, mortalidad de raíces y respiración heterotrófica del suelo en los mismos bosques primarios y secundarios

Simón Correa, Álvaro J. Duque & Dairon Cárdenas. Citado por Lara (2008) afirman que: El estudio del volumen y la biomasa en los ecosistemas boscosos es un asunto de gran relevancia para su conservación debido al desconocimiento del posible impacto del cambio global sobre estos ecosistemas. En el presente estudio, realizado en un bosque de tierra firme del PNN Amacayacu en la Amazonia colombiana, se generaron ecuaciones de volumen (V) y biomasa (B) para árboles en pie. Dentro de una parcela de 10-ha, se seleccionaron al azar 44 árboles (DAP > 10 cm) a los cuales se accedió hasta la primera rama usando técnicas de escalado. A cada uno de ellos se le midió el DAP y se tomó una muestra botánica para ser clasificada hasta género o especie. Desde la primera rama hasta el suelo, se midió la altura del fuste (HF) con una cinta métrica, y posteriormente once (11) diámetros a un décimo de altura cada uno y respectivamente hasta alcanzar el piso. Con un hipsómetro láser se midió la altura total (HT) del árbol. El volumen a HT se estimó usando la ecuación de Smalian. El volumen de fuste desde la primera rama a la copa se asumió similar al volumen de un cono. El volumen total (Vt) fue la suma de los dos anteriores. La biomasa fue calculada mediante la multiplicación del volumen total por la densidad de la madera, la cual fue obtenida de bases de datos disponibles en la literatura. Los modelos de Vt y B ajustados para este bosque, por medio del análisis de regresión fueron $\ln(Vt) = -9,18397 + 2,08783 \cdot \ln(DAP) + 0,605695 \cdot \ln(Ht)$ y $\ln(B) = -7.94061 + 2.15988 \cdot \ln(DAP)$, respectivamente. Con estos modelos será posible estimar la cantidad de Carbono almacenado por estos bosques, y hacia futuro, la tendencia del sistema en relación con las oscilaciones climáticas

1.5.4 Antecedentes. La elevada dependencia energética de la sociedad actual ha incrementado la demanda de recursos energéticos y, en consecuencia, un notable aumento de las emisiones de CO², situándose a nivel mundial en los 24.000 millones de toneladas de dióxido de carbono al año. Por este motivo, en los últimos años se ha generado una conciencia a nivel mundial para introducir sistemas productivos lo más eficientes posibles de manera que se reduzcan progresivamente las emisiones a la vez que se mantiene el desarrollo económico y el incremento del bienestar social.

La Captura y Almacenamiento de CO² (CAC) se ha identificado como una tecnología clave para la reducción de las emisiones en los sectores eléctricos e industrial en el medio plazo y su

desarrollo está recibiendo un importante apoyo por parte de un buen número de países y, especialmente, por la Unión Europea. Prueba de ello es la decisión tomada por la Comisión Europea de financiar a partir de 2009 acciones iniciales para poner en marcha 6 proyectos de demostración de las tecnologías CAC en Europa aplicadas al sector eléctrico. Uno de estos proyectos se está realizando en España con el concurso de Endesa y la Fundación Ciudad de la Energía

Por otra parte, en Colombia, la autoridad nacional designada para la aprobación de los Proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL, es el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. El desarrollo de las líneas de acción para promover la ejecución de actividades de mitigación mediante proyectos de reducción y captura de gases de efecto invernadero se hace por medio de la Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático, creada en 2002 y adscrita al MAVDT. En la actualidad el número de MDL forestales registrados ha aumentado en un 50%, con un total de 12 proyectos en el protocolo proporcionado por la Oficina para la Mitigación del Cambio Climático al finalizar el año 2007.

En Colombia con el Renacimiento del proyecto de la Orinoquía, pretende manejar 106.641 hectáreas, con las que se pretende capturar 30.100.452 toneladas de CO₂ en diferentes periodos de tiempo, sin tener en cuenta la proyección del proyecto de la CAM, para el que no se presenta la estimación.

Para el caso colombiano, es relevante la participación del Banco Mundial en el mercado de carbono, actuando en diferentes etapas del negocio que van desde ser proponente por medio de institutos de investigación adscritos al Banco (CIAT), hasta la compra de las reducciones. 3 de los proyectos del portafolio tienen negociaciones reportadas con el Banco Mundial, entre ellos PROCUENCA, San Nicolás y CIAT-CVS-CORPOICA; habiendo firmado parte de sus reducciones con el Banco Mundial y/o recibiendo financiación del banco a través del fondo Biocarbon. CENSAT, 2008; MAVDT, 2007 y PROCUENCA a, 2006

El Banco Mundial, los gobiernos de países industrializados y las empresas responsables históricas del cambio climático han encontrado en el mercado de carbono una fuente importante

de enriquecimiento; para el caso puntual del Banco Mundial una de las formas en que se materializa la acumulación es por medio del fondo Biocarbon, que financia proyectos MDL a través de la compra a bajo precio de certificados temporales de reducción de emisiones tCERs, que posteriormente vende en el mercado a precios internacionales (CENSAT, 2008)

En México se resalta un trabajo denominado Ecuaciones para estimar Biomasa, Volumen y Crecimiento en Biomasa y Captura de Carbono en diez especies típicas del Matorral Espinoso Tamaulipeco del nordeste de México, realizado por Najera. (1999)

En Chile se realizó con especies forestales un a investigación direccionada a realizar una medición del carbono en bosques de la reserva nacional de Mallego IX Región de Chile, realizado por C, Nadler. A, Mesa. R, Torres. Y M.A Jara (2001)

En el ámbito regional, más precisamente en el sector urbano de Mocoa departamento del Putumayo, por primera vez se registran datos importante3s sobre captura de carbono y bióxido de carbono en la especie *Apuleia leiocarpa*, realizado por estudiantes del Instituto tecnológico del Putumayo (Gallego. 2013).

En el Jardín Botánico Tropical Amazónico del ITP, se realizó en 2013 un estudio de investigación como trabajo de grado, denominado “Captura de carbono en la especie (*Minuartia guianensis, aublet*) y la relación altura y diámetro en condiciones de bosque enriquecido con especies maderables en el Jardín Botánico Tropical Amazónico del municipio de Mocoa” Correspondiente a los estudiantes Julián Triviño Montes y Wesley Hans Ordoñez Mosquera. Este trabajo dio pautas para nuevas investigaciones de especies forestales, por métodos no destructivo, utilizando funciones dasometricas.

En el año 2017 se desarrolló un importante proyecto direccionado a conocer el potencial para captura de carbono de la especie *Hevea Brasilienses*, en una plantación en fajas de enriquecimiento en un bosque del Jardín Botánico Tropical Amazónico, realizado por los estudiantes Viviana Erazo Cerón y Mercy Johana Portillo, de los programas de Ingeniería Forestal y Saneamiento Ambiental del Instituto Tecnológico del Putumayo.

1.5.5 Marco legal.

LINEAMIENTOS DE POLÍTICA DE CAMBIO CLIMÁTICO PROTOCOLO DE KYOTO PRIMERA COMUNICACIÓN NACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Posteriormente en el año 2002, el Ministerio del Medio Ambiente y el Departamento Nacional de Planeación, elaboraron los a nivel global, que esbozaban las principales estrategias para la mitigación y adaptación al fenómeno en el marco de la CMNUCC

CONVENCION MARCO SOBRE CAMBIO CLIMATICO (UNFCCC), celebrada en 1992 (ONU) en donde se establecieron los principios de actuación que aplicarían los países miembros para la reducción de misiones liberadas a la atmosfera. Para hacer efectivas las obligaciones de las partes en 1997 fue aplicado en PROTOCOLO DE KIOTO (1997) en el que se acordó una meta de producción de emisiones por parte de los países industrializados.

MERCADOS VOLUNTARIOS DE CARBONO (MVC). Son mecanismos de reducción y captura de carbono no regulados por los instrumentos jurídicos internacionales y nacionales los cuales no solo están motivados por las obligaciones de los países que firmaron el protocolo de KIOTO, sino en aspectos sociales de Responsabilidad social, y aceptación de las organizaciones en el escenario internacional.

MODELOS DE DESARROLLO LIMPIO (MDL). Con la aprobación del protocolo de Kioto en 1977, se da origen al mecanismo de desarrollo limpio, como medida para que países industrializados puedan adquirir reducciones certificadas de emisiones (CER), resultantes de proyectos de reducción o captura por las fuentes realizados en países en desarrollo. Aquí existe un doble compromiso: Los países desarrollados se comprometen a reducir las cuotas de emisiones, mientras que los países en desarrollo se comprometen a generar condiciones favorables para la implementación de estas actividades en sus territorios. Para la aprobación de proyectos que generan certificados de emisiones CER deben cumplir tres condiciones; Demostrar que la reducción de misiones debe ser adicional a cualquiera que ocurriría en ausencia del proyecto; demostrar la permanencia de las reducciones de emisiones, y tercero contribuir al desarrollo sostenible.

CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA. Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

LEY 629 DE 2000 "Por medio del cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1.997

DECRETO NACIONAL 895 DE 2008. Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 2331 de 2007 sobre uso racional y eficiente de energía eléctrica. Mediante este decreto se acoge a los lineamientos del Protocolo de Carbono Neutral para obtener la certificación de "Carbono Cero", ante el grupo consultivo para este Protocolo el cual se encuentra conformado por varias Organizaciones no Gubernamentales del mundo. Fue registrada en 1990, se concede a un producto, servicio o actividad que ha realizado y presentado en el Protocolo Carbono Neutral"4 y se obtiene realizando acciones importantes exigidas por el Protocolo Carbono Neutral como es la siembra de árboles que tienen una altísima capacidad de capturar carbono (CO₂), medida que permite compensar de esta manera las emisiones de gases que produce la contaminación atmosférica LEY 164 DE 1994."Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático", hecha en New York el 9 de marzo de 1992"Colombia aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático CMNUCC, mediante la expedición de la Ley, con el ánimo de buscar alternativas que le permitieran adelantar acciones para abordar la problemática del cambio climático.

Ley 629. En el año 2000 Colombia aprueba el protocolo de Kyoto mediante , y en ese mismo año el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT- coordinó la elaboración de un Estudio de Estrategia Nacional para la implementación de los Mecanismo de Desarrollo Limpio –MDL- en Colombia que tenía por objetivos evaluar el potencial de

Colombia frente al nuevo mercado, identificar las restricciones y desarrollar estrategias para superarlas, así como para promover los beneficios potenciales para el país. En el año 2001 Colombia presenta la Primera Comunicación Nacional de Colombia ante la CMNUCC, publicación coordinada por el IDEAM que analizó los primeros avances en posibles medidas de adaptación y el inventario nacional de GEI para los años 1990 y 1994.

CONPES 3242 “Estrategia Nacional para la venta de servicios ambientales de mitigación de cambio climático” En el año 2003 se lanza el CONPES 3242, el cual complementó el trabajo ya adelantado y generó los lineamientos esenciales para la introducción de los proyectos MDL dentro de las medidas de mitigación en el contexto nacional.

En el 2004 el MAVDT expide las resoluciones No. 0453 y No. 0454. La primera tiene por objetivo adoptar principios, requisitos y criterios y establecer el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al MDL. La segunda, tiene por objetivo regular el funcionamiento del Comité Técnico Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático del Consejo Nacional Ambiental.

RESOLUCIÓN NO. 0453 En la el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial es designado como la Autoridad Nacional para el Mecanismo de Desarrollo Limpio - MDL, mediante la nota consular del 22 de mayo de 2002, radicada DM/VAM/CAA 19335 del Ministerio de Relaciones Exteriores, dirigida a la secretaria de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

RESOLUCIÓN NO. 0454 Mediante la del 27 de abril de 2004, se regula el funcionamiento del Comité Técnico Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático del Consejo Nacional Ambiental. Entre las funciones asignadas al Consejo Nacional Ambiental, se encuentra la de designar comités técnicos intersectoriales en los que participen funcionarios de nivel técnico de las entidades que correspondan, para adelantar tareas de coordinación y seguimiento

DOCUMENTO CONPES 2834 de 1996. El Ministerio del Medio Ambiente en coordinación con el Departamento Nacional de Planeación (DNP) adelantó durante el año 1995 un intenso

proceso de discusión y concertación con entidades y actores públicos y privados en los niveles nacional y regional, con el objeto de formular la “Política de Bosques” que se somete a consideración del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES).

Documento CONPES No. 2750 de 1994 sobre Política Ambiental. Dentro de las acciones de mejoramiento ambiental previstas tanto en El Salto Social como en el CONPES 2750, se incluye el programa “Más Bosques”, en el cual se señalan las líneas generales que deben orientar la acción del gobierno nacional en materia forestal.

1.6. Diseño metodológico

Para la realización de este trabajo de investigación se siguió el siguiente proceso:

1.6.1 Localización de los árboles. Dichas especies se seleccionaron teniendo en cuenta la importancia que tienen dentro del ecosistema del Jardín Botánico y por la potencialidad como especie maderable especialmente por su rápido crecimiento, una buena regeneración natural, buen volumen de biomasa y follaje y por considerarse una especie de rápido crecimiento y un follaje que se renueva constantemente. Los árboles de las especies (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski. Y Morochillo (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC. se localizaron mediante un inventario con una intensidad del 100% de los especímenes los cuales se georreferenciaron y localizaron en un mapa satelital obtenido de Google Eart.

1.6.2 Caracterización dendrométrica. Una vez localizados los árboles de (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski. Y Morochillo (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC, se procedió a caracterizarlos dendrologicamente y dasometricamente mediante la medición de las siguientes variables: DAP, Altura total, Altura comercial, altura de copa, diámetro de copa, forma de copa, espesor de copa, exposición respecto a la luz solar, Estado fitosanitario, volumen comercial y total, Densidad de la especie. Coeficiente de forma. Una vez obtenida la información dendrométrica de toda la población de estas especies. se procedió a calcular el tamaño de la muestra, para saber a qué árboles se direccionará el estudio de captura de carbono y bióxido de

carbono. Igualmente se hizo una gráfica mediante una tabulación de distribución diamétrica de todos los árboles de dichas especies localizados en el Jardín Botánico.

1.6.3 Selección de la muestra. Una vez realizado el inventario de las especies (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski y (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC, se tomó una muestra de DAP para cálculo del coeficiente de variación y así aplicar la siguiente fórmula (Jorge Gilchrist Leighton y Jorge Gilchrist Moreno- Universidad Central de Chile)

$$n = t^2 * CV^2 / (a)^2$$

En donde,

n = tamaño de la población

a = Porcentaje aceptable de error (decimales), se adoptó 20% para bosque nativo

CV= Coeficiente de variación (decimales)

t (Student) = coeficiente de seguridad o confianza. (Se adoptó t =2)

Los árboles objeto de muestreo, se sometieron a un muestreo de sus diferentes partes (follaje, raíz, ramas, tallos), con la condición que no fueron destruidos y bajo condiciones verde, seca al aire, y seca al horno.

La biomasa aérea (biomasa sobre el suelo) de cada árbol objeto de muestreo se dividió en cinco secciones: biomasa del fuste comercial, biomasa madera no comercial (ramas) y biomasa de follaje, Biomasa radicular. Biomasa de corteza.

También se extrajeron secciones de raíces, para lo cual se empleó un proceso de cálculo de densidad de diferentes probetas las cuales se analizaron en condiciones verde, seca al aire y seca al horno y mediante la aplicación de un factor de expansión se calculó el volumen de raíz, la biomasa, la cantidad de carbono y bióxido de carbono capturado en esta sección del árbol sin necesidad de destruir el árbol.

Para calcular la biomasa de las ramas se asumió la forma de un cono a partir de la primera rama hasta la copa al cual se le calculó el volumen y por ende la biomasa

En el sitio del muestreo se pesaron todos los componentes de biomasa por separado y se sacaron las muestras de cada sección (dos muestras por sección), que luego fueron analizados en el laboratorio del ITP. En el laboratorio se determinaron: el contenido de humedad, tanto en verde, seca al aire en base a materia seca al horno. Igualmente, se determinó el carbono presente y almacenado en cada sesión de la biomasa. Además, se determinó la densidad básica de la madera para convertir el volumen a biomasa y así obtener a través del factor de expansión (relación entre la biomasa total y la biomasa del fuste la cantidad de carbono almacenado).

El registro de los datos de campo de los árboles muestra se consignó en la siguiente tabla:

Cuadro1: Planilla de campo, para recepcionar la información

DAP (cms)	D.cop (cm)	Hc (cm)	Ht m	V. Total	Area basal	V.c .	Peso de follaje	Peso de ramas	Peso fuste comer.	Peso fuste no comer.	Peso de raíces	(C.F)

Fuente. Los autores

La Estadística descriptiva de la base dendrométrica de todos los árboles inventariados se tabuló en la tabla siguiente.

Cuadro 2 Planilla Estadígrafos utilizados en el análisis estadístico

Variable	Dm (cm)	DAP (cms)	D.c (cm)	A.c	Hc (cm)	Ht (m)	Ab (cm)	V.Total	V.c
Media									
Mínimo									
Máximo									
Desv. Est.									
Varianza									
CV%									

Fuente: Los autores

Donde

Dm: Diámetro medio

DAP: Diámetro a la altura del pecho

HT: Altura total

VT: Volumen total

Dc. Diámetro de copa
Ac. Altura de copa
Hc: Altura comercial

Vc. Volumen comercial
Ab: Area basal

1.6.4 Modelo de análisis e interpretación de datos. Se midieron todos los árboles de (*Piptocoma discolor*) Kunth. Pruski. Y Morochillo (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC, localizados en la zona de rastrojo (bosque secundario) del Jardín Botánico de Mocoa, para obtener el C total y Bióxido de carbono total en ton, mediante inferencias de los resultados obtenidos en los árboles muestra. Las mediciones correspondientes se realizaron para árboles en pie. Para obtener el C total se procedió a hallar primeramente el volumen, luego la biomasa del fuste, del follaje, del sistema radicular y de madera no comercial (ramas). A continuación de desglosa los pasos desarrollados:

1.6.4.1 Cálculo de volumen. Se halló el área basal en metros cuadrados por ha (m²/ha) por medio de la siguiente fórmula:

$$Ab. = \frac{\pi * DAP^2}{4} \quad (1)$$

Donde:

Ab = área basal en m²

$\pi = 3,1416$

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (1,30 m)+

Para determinar el volumen que se expresa en metros cúbicos, se utilizó la fórmula

$$V = Ab * f * h \quad (2)$$

Donde:

V = volumen en m³

Ab = área basal en m²

f = factor de forma

h = altura en metro

1.6.4.2 Cálculo de biomasa. Para determinar la biomasa del fuste a partir del volumen se multiplicó la densidad aparente por dicho volumen. Pero primeramente se procedió al ajuste de la densidad al peso seco, ya que los datos obtenidos de la densidad de la especie esta aproximadamente al 12% de contenido de humedad (CH) (Madera seca al aire)

1.6.4.3 Calculo de la densidad de las diferentes partes del árbol. Para calcular la densidad de las diferentes partes constitutivas del árbol se siguió el siguiente procedimiento

- **Densidad de follaje en verde.** Para obtener la densidad del follaje en estado verde se utilizó un cubículo de 35 x 23x29 cms, equivalente a 23.345 cm³ donde se introdujo parte del follaje, simulando su disposición en la rama del árbol en pie y se pesó inmediatamente, y con ello se halló su densidad utilizando la fórmula: $D = P/V$. Se utilizó tres muestras de árboles diferentes, con las cuales se hizo el análisis y se promedió para los otros 2 árboles (cuadros 11, 14). Este procedimiento se realizó para las dos especies.
- **Densidad follaje seco al aire.** La densidad del follaje seca al aire, se obtuvo, sometiendo las mismas dos muestras a un secamiento al aire, durante 96 horas y luego se introdujo al mismo cubículo de 35x23x29 cms, luego se pesó y se calculó la densidad seca al aire. (Cuadros 12,15)
- **Densidad de follaje seca al horno.** Para el cálculo de la densidad seca al horno, este mismo volumen seca al aire se introdujo al horno a una temperatura de 50° a 60° grados centígrado durante 48 horas, se pesó posteriormente y con el volumen del cubículo (23.345) cm³ se calcula la densidad seca al horno de la muestra de follaje de cada árbol. (Cuadros 13,16).
 - **Densidad de la madera o fuste.** El cálculo de la densidad de madera correspondiente al fuste incluyendo las ramas se tomó 3 probetas de madera de 10 cms x 2cms x 2 cm de cada uno de los cinco árboles muestreados, se pesaron y con el volumen respectivo se halló la densidad mediante la siguiente formula: $D = P/V$, tanto para el estado verde, seca al aire y

anhidra. (seca al horno). Las muestras de madera se tomaron de cada árbol sin necesidad de apearlo

- **Densidad de la raíz.** La densidad de las raíces, se calculó de igual forma que para el fuste, se recurrió a la preparación de 3 probetas de 2 x 2x10 cms obtenidas de las raíces de cada uno de los cinco arboles muestra. Se pesaron las probetas en estado verde, seca al aire y seca al horno y con el volumen respectivo se halló la densidad mediante la fórmula $D = P/V$.

1.6.4.4 Conversión de volumen a biomasa. Para obtener la biomasa se utilizó la fórmula propuesta por Brown (1997)

$$BF = (V * Pe)/1000 \quad (4)$$

Donde:

BF = biomasa del fuste en toneladas (t)

V = volumen en m³

Pe = densidad específica de la madera en kg/m³

1.6.4.5 Cálculo de biomasa total Posteriormente se procedió a calcular la biomasa total a partir del producto de la biomasa de la raíz. el fuste, el volumen no comercial (Ramas) y Biomasa de follaje en condición seca al horno.

$$BT = BF + BR + B \text{ (ramas)} + B \text{ (follaje)} + BC \text{ (corteza)}$$

Donde:

BT = biomasa total en toneladas (t)

BF = biomasa del fuste en toneladas (t)

BR = biomasa de raíz

B. Follaje= Biomasa de follaje (t)

BC. Biomasa de corteza.

Se calculó primeramente la biomasa para los árboles muestra de cada especie, luego la biomasa del promedio de la muestra y posteriormente se multiplicó por el total de árboles de (*Piptocoma discolor*) Kunth. Pruski. Morochillo (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC. presentes en el bosque secundario del Jardín Botánico

1.6.4.6 Cálculo de carbono aéreo total. La biomasa total se multiplicó por 0,5 debido a que la materia seca contiene en promedio un 50 % de carbono almacenado, para ello se utilizó la siguiente fórmula (IPCC, 2003).

$$\text{CAT} = \text{BT} * 0,5 \quad (6)$$

Donde:

CAT = carbono aéreo total en toneladas de carbono (tC)

BT = biomasa total en tonelada (t)

1.6.4.7 Cálculo de carbono radicular. El valor de carbono radicular se obtuvo a través del método indirecto de cálculo, que consiste en relacionar el carbono aéreo de cada especie a través de la siguiente fórmula propuesta por el IPCC y se utilizó la relación media entre biomasa bajo/sobre el suelo de 0,24 para bosque húmedo tropical y subtropical.

$$\text{CR} = 0,24 * (\text{CA}) \quad (7)$$

Donde:

CR = carbono radicular en tonelada por hectárea (t/ha)

CA = carbono aéreo en tonelada por hectárea (t/ha)

1.6.4.8 Cálculo de carbono total. Para estimar el carbono total de la especie se procedió a sumar el carbono aéreo total y el carbono radicular.

$$\text{CT} = \text{CAT} + \text{CR}$$

Donde:

CT = carbono total en toneladas de carbono (tC)

CAT = carbono aéreo total en toneladas de carbono (tC)

CR = carbono radicular en tonelada de carbono (tC)

1.6.4.9 Calculo de Biomasa de follaje. El cálculo de biomasa del follaje se hizo mediante el valor obtenido de la densidad de follaje seca al horno, mediante un procedimiento, elemental. Se tomó un cubo de 35x23x29 cms y se colocó sobre una capa de follaje verde, se halló la densidad verde y posteriormente este mismo volumen se lleva a condición seca al aire y seca al horno y aplicando la relación $D = P/V$ se obtuvo la densidad de follaje y por ende el volumen y peso del follaje.

1.6.4.10 Calculo de biomasa de madera total y no comercial (Ramas). Mediante la fórmula del volumen total ($V = AB \times H \times C F$), se calculó el volumen comercial y volumen total, y por diferencia se obtuvo el volumen de madera no comercial o ramas aplicando además el factor de apilamiento para madera rolliza (0.7).

1.6.4.11 Calculo de biomasa de corteza. Se tomaron 3 muestras de cada árbol, con dimensiones de 7 x 3 cms y con el espesor de corteza de cada árbol se calculó el volumen y la densidad, verde, seca al aire y anhidra. El volumen de corteza de cada árbol se calculó mediante la siguiente formula dasometrica

$$V.C \% (1 - (K))^2 * 100$$

Donde

V.C % : Volumen de corteza en porcentaje

K: Parámetro calculado mediante la relación Diámetro sin corteza sobre el DAP con corteza

Una vez calculado el volumen de corteza en % este se multiplico por el volumen total de los 5 árboles calculado en metros cúbicos y con ello se obtuvo el volumen de corteza en metros cúbicos. Se utilizó la siguiente tabla;

Cuadro.3. Calculo de volumen de corteza de 5 árboles muestreados de las especies (*Piptocoma discolor*) Kunth. Pruski. Morochillo (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC

Nº Arb	D.5mt	DAP(cm)	Esp.cort.	Doble Esp.Cort.	Diam.Sin Cort.	Vol Cort. (%)
1						
2						
3						
4						
5						
TOTAL						

1.6.4.12 Cálculo de carbono total. Para estimar el carbono total de la especie se procedió a sumar el carbono aéreo total y el carbono radicular.

$$CT = CAT + CR$$

Donde:

CT = carbono total en toneladas de carbono (tC)

CAT = carbono aéreo total en toneladas de carbono (tC)

CR = carbono radicular en tonelada de carbono (tC)

1.6.4.13 Calculo de Bióxido de carbono. Una vez obtenido el total de biomasa se calculó el total de bióxido de carbono, primeramente, para los árboles muestra, luego para el árbol promedio y posteriormente para el total de árboles. Se utilizó la relación de peso molecular de CO₂ y de carbono.

1.6.4.14 Coeficiente de forma según la fórmula de Schuberg y Schiffel $K = Di/ d.a.p$, se calculó por cuanto no se conocía previamente para estas especies y que es fundamental para conocer el peso y volumen de la biomasa, especialmente e del fuste y de las ramas.

1.7 Tipo de investigación

Esta investigación se desarrolló siguiendo las fases de la metodología de la investigación Proyectiva holística, conformada por 10 etapas:

Cuadro 4. Ciclo holístico de la investigación

ESTAPAS DE LA INVESTIGACION HOLISTICA	OBJETO
Estadio explorativo	Explorar y chequear la presencia de estudios descriptivos, comparativos, analíticos y explicativos, predictivos y proyectivos Plantea un enunciado predictivo y detecta un evento a modificar.
Estadio descriptivo	El objetivo de este estadio es lograr una descripción de la situación o evento a modificar. En este estadio se deben identificar los procesos causales del evento, además de hacer también una descripción general, a partir de un abordaje de las condiciones del contexto que acompañan y han acompañado al evento.
Estadio comparativo	Se precisan semejanzas y diferencias entre grupos o situaciones que participan de diferentes niveles del evento
Estadio analítico	Permite analizar la situación y el evento a modificar en términos de las expectativas, intereses, inquietudes o motivaciones de los actores involucrados, así como de los enfrentamientos y alianzas entre ellos.
Estadio explicativo	Es un proceso explicativo tanto interno, es decir, comprender los mecanismos por los cuales funciona el artificio (plan), como externo, es decir, explicar cómo se conecta el funcionamiento del artificio con el medio, produciendo ciertas consecuencias
Estadio Predictivo	Se elabora la Prognosis de la situación a cambiar. Se identifican alternativas futuras en cuanto a posibilidades de acción.
Fase proyectiva	Diseño confirmatorio, formula hipótesis, operacionaliza variables, selecciona las unidades de estudio, elabora instrumentos, diseña controles
Fase Interactiva	Aplica los instrumentos y recoge datos del contexto de las variables
Fase confirmativa	Analiza y concluye con la contratación de la hipótesis
Fase Evaluativa	Limitaciones, recomendaciones dirigidas a avanzar a los otros estadios o evaluativo, presentación del documento.

Fuente Hurtado Barrera, Jacqueline, (2010).

Por tratarse de una investigación tendiente a generar indicadores de captura de carbono, y biomasa, como un componente de la estructura y la dinámica forestal del bosque del Jardín Botánico Tropical Amazónico, se enmarca dentro de una investigación mixta (Cuantitativa-cualitativa) Igualmente se complementa con datos con datos cualitativos direccionados a la interpretación de los indicadores tanto de captura de carbono como del cálculo de biomasa.

1.8 Hipótesis

Las especies (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski y Morochillo (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC, localizadas en un bosque secundario del Jardín Botánico Tropical Amazónico por su rápido crecimiento almacenan y capturan el CO₂, con mayor eficiencia que las especies de lento crecimiento.

1.9 Línea y sublínea de investigación

LINEA: Cadenas productivas forestales no madereras.

SUBLINEA: Tecnologías del aprovechamiento de los productos forestales no madereros

Este trabajo se realizó interdisciplinariamente por dos estudiantes Una de Ingeniería Forestal y otra de la Tecnología en Saneamiento Ambiental

2. Resultados

2.1 Cociente de forma.

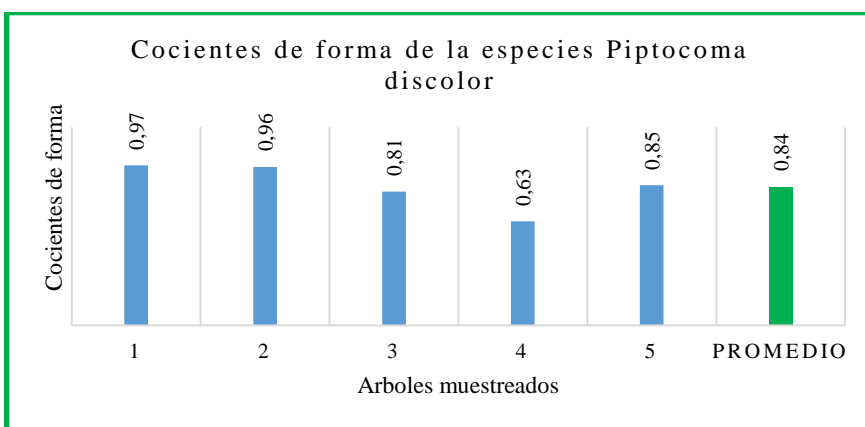
Para el cálculo de cociente de forma se aplicó la fórmula dasométrica a 5 árboles según de Shuberg y Shiffel,

Cuadro. 5. Cocientes de forma de la especie (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski

No. Arbol	DAP	D inf-(5mt)	C. Forma
1	35	34	0,97
2	33,32	32	0,96
3	33,42	27	0,81
4	31,83	20	0,63
5	33,39	28,25	0,85
			0,84

Fuente. Los autores

Grafica 1. Cociente de forma de árboles de la especie (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski.)



Fuente Los autores

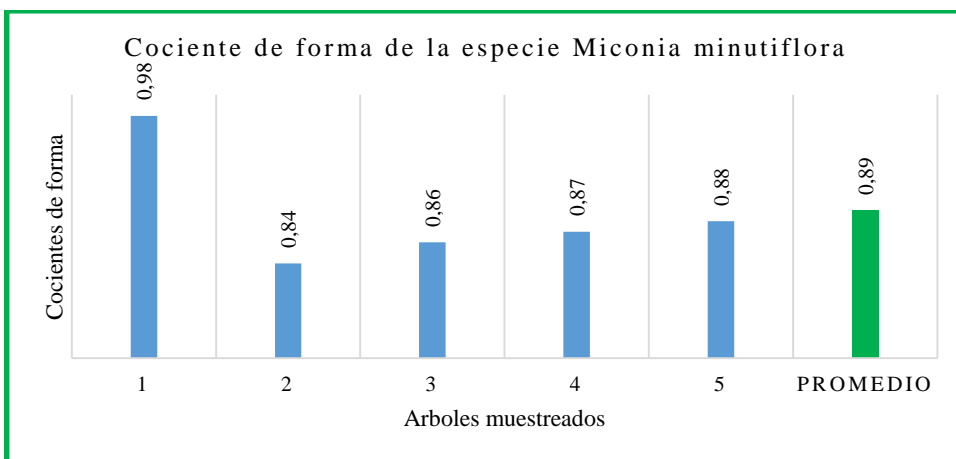
Cuadro. 6. Cocientes de forma de la especie Morochillo (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC

No. Arbol	DAP	D inf-(5mt)	C. Forma
1	21,33	21	0,98
2	26,1	22	0,84
3	25,46	22	0,86
4	31,19	27	0,87

5	26,02	23	0,88
			0,89

Fuente. Los autores

Grafica 2. Cociente de forma de árboles de la especie (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC.)



Fuente. Los autores

Los cocientes de forma promedio para la especie (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski es de 0,84 y para la especie (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC es de 0.89

2.2 Tamaño de la muestra para análisis de carbono.

Una vez realizado el inventario de las especies (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski y (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC, se tomó una muestra de DAP para cálculo del coeficiente de variación y así aplicar la siguiente formula $n = t^2 * CV^2 / (a)^2$

$$n = 4 (0.22)^2 / 20^2 = 5 \text{ Arboles}$$

Cuadro 7. Calculo de variables en 5 árboles de la especie (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski

.N° Arb.	Diam. 5mt	DAP (cm)	Altura (M)		Diam .Copa (M)	Alt. Copa (M)	Esp. Capa foliar (M)	ESP. Corteza (CM)	Vol. copa (M3)	Vol. Capa foliar (M3)	Peso de capa foliar KRS.
			Alt. Total	Alt. Comer.							
1	34	35	30	18	15,41	12	0.75	1	957.78	253.25	3545,5
2	32	33,32	24	6	16,43	18	0,65	0.8	1160.84	254.32	4069,1
3	27	33,42	25	17	10	9	0,75	0.8	261.73	100.99	1513,5
4	20	31,83	20	7	12,04	13	0,8	0.6	456.81	158.99	1,906,80

5	28,25	33,39	24,75	12	13,47	13	0,7	0,8	639.68	179.45	2332,85
Promedio								0,8			

Fuente Los autores

Cuadro 8. Calculo de variables en 5 árboles de la especie (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC

.Nº Arb.	Diam. 5mt	DAP (cm)	Altura (M)		Diam .Copa (M)	Alt. Copa (M)	Esp. Capa foliar (M)	ESP. Corteza (CM)	Vol. copa (M3)	Vol. Capa foliar (M3)	Peso de capa foliar KRS.
			A. Total	A. Comercial							
1	21	21,33	22	18	13,43	4	4	0.6	633.99	178.31	2496
2	22	26,1	21	18	9	3	3	0.6	190.8	84.7	1101,1
3	22	25,46	21	15	10	6	6	0.8	261.73	83.36	1083,6
4	27	31,19	22	11	15,11	11	11	0.6	902.93	243.09	3646,3
5	23	26,02	21,5	15,5	11,885	6	6	0.65	435.52	167.45	1339,6
Promedio								0,8			

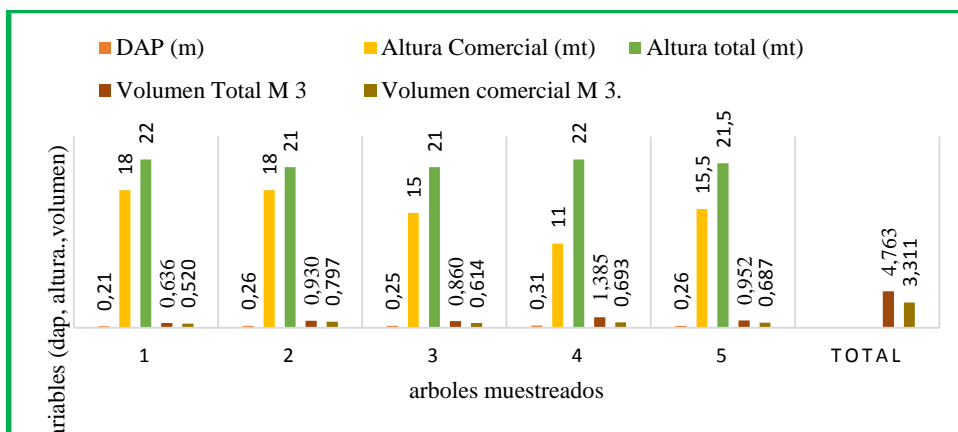
Fuente. Los autores.

Cuadro 9. Relación entre DAP, altura comercial, altura total, volumen total y comercial de la especie (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski

Árbol	DAP (cm)	Altura Comer (mt)	Altura total (mt)	Vol.Total (M3)	Vol.comer.(M 3).
1	35	18	30	0,636	0,520
2	33,32	6	24	0,930	0,797
3	33,42	17	25	0,860	0,614
4	31,83	7	20	1,385	0,693
5	33,39	12	24,75	0,952	0,687
TOTAL				4,763	3,311

Fuente. Lo autores

Grafica 3. Relación del DAP, altura comercial, altura total, Volumen comercial y total de la especie (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski)



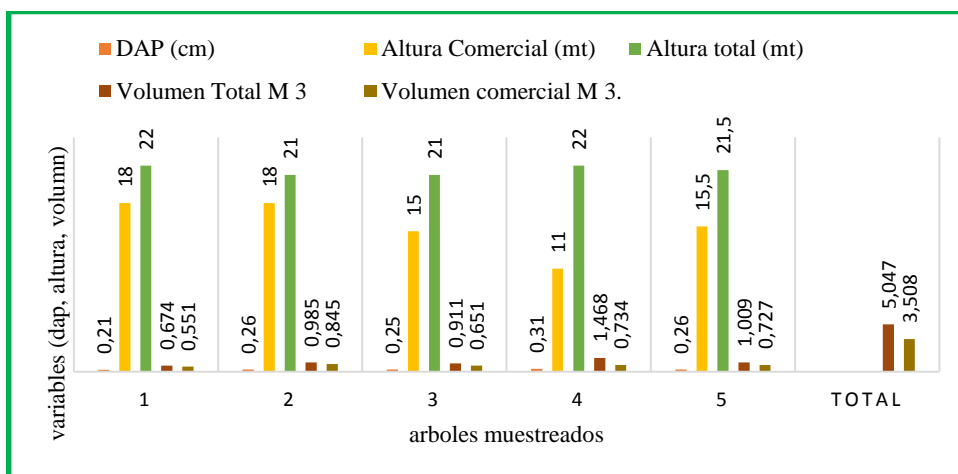
Fuente. Los autores

Cuadro 10. Relación entre DAP, altura comercial, altura total, volumen total y comercial de la especie (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC

Relación entre DAP, altura comercial y altura total de los árboles muestreados					
Árbol	DAP (cm)	Altura Comercial (mt)	Altura total (mt)	Volumen Total M 3	Volumen comercial M 3.
1	21,33	18	22	0,674	0,551
2	26,1	18	21	0,985	0,845
3	25,46	15	21	0,911	0,651
4	31,19	11	22	1,468	0,734
5	26,02	15,5	21,5	1,009	0,727
TOTAL				5,047	3,508

Fuente. Los autores

Grafica 4. Relación del DAP, altura comercial, altura total, Volumen comercial y total de la especie (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC



Fuente. Los autores

2.3. Variables calculadas en condiciones verdes y seca al aire y seca al horno.

A los 5 árboles muestreados de cada especie se les extrajo las respectivas muestras de follaje, raíz, madera, y corteza las cuales se pesaron, se calculó la densidad y el volumen, en condición verde, seca al aire y seca al horno (anhidra)

Cuadro 11. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en **condición verde** (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski)-

N° ARBOL	Follaje (hojas)			Fuste (probeta)			Corteza (porbeta)			Raiz (probeta)		
	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)
1	347	23345	0,015	58	40	1,450	46	30	1,53	32	40	0,800
	330	23345	0,014	54	40	1,350	46	30	1,53	32	40	0,800
	338,5	23345	0,014	56	40	1,400	46	30	1,53	32	40	0,800
			0,014			1,400			1,53			0,800
2	345	23345	0,015	52	40	1,300	44	24	1,83	60	40	1,500
	397	23345	0,017	54	40	1,350	42	24	1,75	62	40	1,550
	371	23345	0,016	53	40	1,325	43	24	1,79	61	40	1,525
			0,016			1,325			1,79			1,525
3	387	23345	0,017	60	40	1,500	30	24	1,25	56	40	1,400
	350	23345	0,015	58	40	1,450	42	24	1,75	54	40	1,350
	310	23345	0,013	59	40	1,475	36	24	1,50	55	40	1,375
			0,015			1,475			1,50			1,375
4	284	23345	0,012	60	40	1,500	32	18	1,78	50	40	1,250
	280	23345	0,012	58	40	1,450	32	18	1,78	54	40	1,350
	282	23345	0,012	59	40	1,475	32	18	1,78	52	40	1,300
			0,012			1,475			1,78			1,300
5	345,0	23345	0,015	58	40	1,450	46	18	2,56	50	40	1,250
	305,0	23345	0,013	54	40	1,350	46	24	1,92	54	40	1,350
	285,0	23345	0,012	56	40	1,400	46	24	1,92	52	40	1,300
			0,013			1,400			2,130			1,300
PROMEDIO		0,014			1,41			1,74			1,06	

Fuente. Los autores

Cuadro 12. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición Seca al Aire (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski)-

N° ARBOL	follaje (hojas)			fuste (probeta)			corteza (porbeta)			raiz (probeta)		
	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)
1	218	23345	0,009	26	40	0,65	14	30	0,467	26	40	0,65
	207,9	23345	0,009	26	40	0,65	14	30	0,467	26	40	0,65
	213,15	23345	0,009	26	40	0,65	14	30	0,467	26	40	0,65
Promedio			0,009			0,65			0,467			0,65
2	217,35	23345	0,009	22	40	0,55	14	24	0,583	24	40	0,6
	250,11	23345	0,011	24	40	0,6	12	24	0,500	24	40	0,6
	233,73	23345	0,010	23	40	0,575	13	24	0,542	24	40	0,6
Promedio			0,010			0,575			0,542			0,6
3	243,81	23345	0,010	31	40	0,775	10	24	0,417	26	40	0,65
	220,5	23345	0,009	32	40	0,800	14	24	0,583	28	40	0,7
	195,3	23345	0,008	32	40	0,788	12	24	0,500	27	40	0,675
Promedio			0,009			0,788			0,500			0,675
4	178,92	23345	0,008	30	40	0,75	11	18	0,611	22	40	0,55
	176,4	23345	0,008	30	40	0,75	10	18	0,556	22	40	0,55
	177,66	23345	0,008	30	40	0,75	11	18	0,611	22	40	0,55
Promedio			0,008			0,75			0,593			0,55
5	217,35	23345	0,009	26	40	0,65	10	18	0,556	22	40	0,55
	192,15	23345	0,008	26	40	0,65	11	24	0,458	21	40	0,525
	179,55	23345	0,008	25	40	0,63	13	24	0,542	23	40	0,575
Promedio			0,008			0,64			0,519			0,55
PROMEDIO			0,008			0,68			0,52			0,6

Fuente. Los autores

Cuadro 13. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición Seca al Horno (*Piptocoma discolor*). Kunth. Pruski)-

N° ARBOL	follaje (hojas)			fusted (probeta)			corteza (porbeta)			raiz (probeta)		
	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)
1	152,60	23345	0,007	21,1	40	0,528	9,8	30	0,33	21,1	40	0,53
	145,53	23345	0,006	21,1	40	0,528	10,2	30	0,34	21,3	40	0,53
	149,21	23345	0,006	21,1	40	0,528	10	30	0,33	21,2	40	0,53
	Promedio		0,006			0,528			0,33			0,53
2	152,15	23345	0,007	18,2	40	0,455	11	24	0,46	17,3	40	0,43
	175,08	23345	0,007	19,2	40	0,480	9,6	24	0,40	17,7	40	0,44
	163,61	23345	0,007	18,7	40	0,468	10,3	24	0,43	17,5	40	0,44
	Promedio		0,007			0,468			0,43			0,44
3	170,67	23345	0,007	23,6	40	0,590	6,4	24	0,27	20,1	40	0,50
	154,35	23345	0,007	24,5	40	0,613	9,6	24	0,40	20,9	40	0,52
	136,71	23345	0,006	24,05	40	0,601	8	24	0,33	20,5	40	0,51
	Pomedio		0,007			0,601			0,33			0,51
4	125,24	23345	0,005	24	40	0,600	8,1	18	0,45	17,1	40	0,43
	123,48	23345	0,005	23,9	40	0,598	7,3	18	0,41	17,7	40	0,44
	124,36	23345	0,005	23,95	40	0,599	7,7	18	0,43	17,4	40	0,44
	Promedio		0,005			0,599			0,43			0,44
5	152,145	23345	0,007	21	40	0,525	8,1	18	0,45	17,2	40	0,43
	134,505	23345	0,006	21,1	40	0,528	7,2	24	0,30	17,1	40	0,43
	125,685	23345	0,005	22	40	0,550	10,2	24	0,43	17,7	40	0,44
	Promedio		0,006			0,534			0,39			0,43
PROMEDIO		0,006			0,54			0,38			0,47	

Funte. Los autores

Cuadro 14. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición verde (*Miconia minutiflora*). Bompl. DC)-

N° ARBOL	Follaje (hojas)			Fuste (probeta)			Corteza (porbeta)			Raiz (probeta)		
	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)
1	372	23345	0,016	48	40	1,2	48	18	2,7	44	40	1,1
	410	23345	0,018	46	40	1,1	50	18	2,8	42	40	1,05
	195,5	23345	0,008	47	40	1,2	52	18	2,9	43	40	1,08
	Promedio	325,8		0,014			1,2		2,8			1,08
2	353	23345	0,015	48	40	1,2	50	18	2,8	46	40	1,15
	374	23345	0,016	48	40	1,2	50	18	2,8	44	40	1,1
	181,75	23345	0,008	48	40	1,2	52	18	2,9	45	40	1,13
	Promedio	302,9		0,013			1,2		2,8			1,13
3	375	23345	0,016	46	40	1,1	52	24	2,2	42	40	1,05
	370,5	23345	0,016	46	40	1,1	54	24	2,3	40	40	1
	187	23345	0,008	46	40	1,1	52	24	2,2	41	40	1,03
	Promedio	310,7		0,013			1,1		2,2			1,03
4	397	23345	0,017	48	40	1,2	52	18	2,9	42	40	1,05
	424	23345	0,018	52	40	1,3	54	18	3,0	40	40	1
	205,25	23345	0,009	50	40	1,2	54	18	3,0	41	40	1,03
	Promedio	342,1		0,015			1,2		3,0			1,03
5	180	23345	0,008	46	40	1,1	48	18	2,7	44	40	1,1
	190	23345	0,008	52	40	1,3	54	19	2,8	42	40	1,05
	185	23345	0,008	47	40	1,2	54	18	3,0	43	40	1,08
	medio+A20:1	185		0,008			1,2		2,8			1,08
PROMEDIO			0,012			1,1		2,7			1,07	

Fuente. Los autores

Cuadro 15. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en condición Seca al Aire (*Miconia minutiflora*). Bompl.

DC)

N° ARBOL	follaje (hojas)			fusted (probeta)			corteza (porbeta)			raiz (probeta)		
	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)
1	234,36	23345	0,010	38	40	1,000	20	18	1,1	32	40	0,800
	258,3	23345	0,011	36	40	0,900	20	18	1,1	32	40	0,800
	123,16	23345	0,005	37	40	0,900	20	18	1,1	32	40	0,800
Promedio			0,009			0,933			1,1			0,80
2	222,39	23345	0,010	38	40	0,950	14	18	0,8	40	40	1,000
	235,62	23345	0,010	38	40	0,950	18	18	1,0	36	40	0,900
	114,5	23345	0,005	38	40	0,950	14	18	0,8	38	40	0,950
Promedio			0,008			0,950			0,9			0,950
3	236,25	23345	0,010	40	40	1,000	20	24	0,8	30	40	0,75
	233,41	23345	0,010	42	40	1,050	20	24	0,8	30	40	0,75
	117,81	23345	0,005	41	40	1,025	22	24	0,9	30	40	0,75
Promedio			0,008			1,025			0,9			0,75
4	250,11	23345	0,011	42	40	1,050	18	18	1,0	28	40	0,700
	267,12	23345	0,011	42	40	1,050	20	18	1,1	28	40	0,700
	129,3	23345	0,006	42	40	1,050	20	18	1,1	28	40	0,700
Promedio			0,009			1,050			1,074			0,700
5	113,4	23345	0,005	42	40	1,05	20	18	1,1	38	40	0,950
	119,7	23345	0,005	41	40	1,025	18	19	0,9	32	40	0,800
	116,55	23345	0,005	43	40	1,075	22	18	1,2	36	40	0,900
Promedio			0,005			1,05			1,1			0,883
PROMEDIO			0,007			1			1,0			0,81

Cuadro 16. Peso, volumen y densidad de las diferentes partes aéreas y radicular, en **condición Seca al Horno** (*Miconia minutiflora*).

Bompl. DC)-

N° ARBOL	follaje (hojas)			fusted (probeta)			corteza (porbeta)			raiz (probeta)		
	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)	peso (gr)	volumen (c.c)	densidad (gr/cc)
1	164,1	23345	0,007	22,2	40	0,6	13,5	18	0,8	14,9	40	0,4
	189,8	23345	0,008	23,4	40	0,6	14	18	0,8	15,1	40	0,4
	86,2	23345	0,004	22,8	40	0,6	14,6	18	0,8	15	40	0,4
Promedio			0,006			0,6			0,8			0,4
2	155,5	23345	0,007	24,2	40	0,6	10,5	18	0,6	21,1	40	0,5
	164,9	23345	0,007	25,5	40	0,6	10,9	18	0,6	19,2	40	0,5
	80,15	23345	0,003	24,85	40	0,6	10,8	18	0,6	20,15	40	0,5
Promedio			0,006			0,6			0,6			0,5
3	165,6	23345	0,007	26,2	40	0,7	13,4	24	0,6	14,3	40	0,4
	163,3	23345	0,007	25,5	40	0,6	13,6	24	0,6	14	40	0,4
	82,5	23345	0,004	25,85	40	0,6	14	24	0,6	14,15	40	0,4
Promedio			0,006			0,6			0,6			0,4
4	175	23345	0,007	23,8	40	0,6	12,6	18	0,7	14,7	40	0,4
	186,9	23345	0,008	25	40	0,6	13,9	18	0,8	15,3	40	0,4
	90,5	23345	0,004	24,4	40	0,6	13,6	18	0,8	15	40	0,4
Promedio			0,006			0,6			0,7			0,4
5	79,4	23345	0,003	23,5	40	0,6	13,5	18	0,8	20,3	40	0,5
	83,8	23345	0,004	25,8	40	0,6	12,5	19	0,7	15,5	40	0,4
	81,5	23345	0,003	24	40	0,6	14	18	0,8	19	40	0,5
Promedio	81,6		0,003			0,6			0,7			0,5
PROMEDIO			0,005			0,6			0,68			0,44

Fuente. Lo autores

2.4 Densidad promedio de las diferentes partes constitutivas de los 5 árboles muestra en condición verde (V), seca al aire (SA) y seca al horno (SH).

El cuadro 13 la densidad promedio calculada para los diferentes componentes de los cinco arboles muestreados, tanto en condición seca al aire, verde como seca al horno, determinante para hallar la humedad y la biomasa, de la especie (*Piptocoma discolor* Kunth. Pruski).

Cuadro 17. Densidad promedio de las diferentes partes constitutivas de los 5 árboles muestra en condición verde (V), seca al aire (SA) y seca al horno (SH). Especie (*Piptocoma discolor* Kunth. Pruski)

Árbol	Densidad follaje gr/cm3			Densidad madera gr/cm3			Densidad de raíz gr/cm3			Densidad de Corteza gr/ cm3		
	verde	S.A	S.H	verde	S.A	S.H	verde	S.Aa	S.H	verde	S.A	S.H
1	0,014	0,009	0,006	1,40	0,65	0,53	0.80	0,65	0,53	1,53	0,46	0,33
2	0,016	0,010	0,007	1,32	0,57	0,47	1.52	0,60	0,44	1,79	0,54	0,43
3	0,015	0,009	0,007	1,47	0,78	0,60	1.37	0,67	0,51	1,50	0,50	0,33
4	0,012	0,008	0,005	1.47	0,75	0,59	1.30	0,55	0,44	1,78	0,59	0,43
5	0,013	0,008	0,006	1.40	0,64	0,53	1.30	0,55	0,43	2,13	0,52	0,39
Prom	0,014	0,008	0,006	1.41	0,67	0,54	1.26	0,60	0,47	1,74	0,52	0,38

Fuente. Los autores

El cuadro 18 muestra la densidad promedio calculada para los diferentes componentes de los cinco arboles muestreados, tanto en condición seca al aire, verde como seca al horno, determinante para hallar la humedad y la biomasa, de la especie (*Miconia minutiflora* Bonpl. DC).

Cuadro 18. Densidad promedio de las diferentes partes constitutivas de 5 árboles muestra en condición verde (V), seca al aire (SA) y seca al horno (SH). Especie (*Miconia minutiflora*. Bonpl).

Árbol	Densidad follaje gr/cm3			Densidad madera gr/cm3			Densidad de raíz gr/cm3			Densidad de Corteza		
	verde	S.A	S.H	verde	S.A	S.H	verde	S.Aa	S.H	verde	S.A	S.H
1	0.014	0,009	0,006	1.2	0,93	0,57	1.08	0,80	0,38	2,78	1,11	0,78
2	0.013	0,008	0,006	1.2	0,95	0,62	1.13	0,95	0,50	2,81	0,85	0,60
3	0,013	0,008	0,006	1.1	1,02	0,65	1.03	0,75	0,35	2,19	0,86	0,57
4	0.015	0,009	0,006	1.2	1,05	0,61	1.03	0,70	0,38	2,96	1,07	0,74
5	0.008	0,005	0,003	1.2	1,05	0,61	1.08	0,88	0,5	2,84	1,09	0,73
Prom	0.012	0,007	0,005	1.18	1,00	0,60	1.07	0,81	0,44	2,70	0,01	0,68

Fuente. Los autores

2.5. Calculo de biomasa de los componentes constitutivos de cada árbol muestra de (*Piptocoma discolor* Kunth. Pruski)

El peso anhidro corresponde al valor de biomasa, y por lo tanto se calculó el peso de cada una de las partes correspondientes a los cinco arboles de muestra (follaje, fuste, Raíz y corteza) y una vez obtenido el volumen y la densidad de cada parte seca al horno (Anhidro). Se utilizó la formula; $P = V \times D$. Para el cálculo de la biomasa en toneladas de cada parte del árbol, se requirió del valor del peso de cada parte del árbol previamente calculado.

Cuadro 19 Peso de la capa foliar en condición verde, seca al aire y seca al horno de la especie (*Piptocoma discolor* Kunth. Pruski)

Arbol	Vol. Capa foliar (M3) Verde	Densidad follaje verde	Peso capa foliar verde (Kg)	Densidad follaje seca al aire	Peso capa foliar seca al aire (kg)	Peso capa foliar seca al horno (Kg)	Densidad follaje seca al horno
1	253.25	0,014	3545,5	0,009	2226	1519.00	0,006
2	254.32	0,016	4069,1	0,010	2533	1780.24	0,007
3	100.99	0,015	1513,5	0,009	900	706.93	0,007
4	158.99	0,012	1906,80	0,008	1,271	794.95	0,005
5	179.45	0,013	2332,85	0,008	1,435	1076	0,006
TOTAL						5877.12	

Fuente. Los autores

Cuadro 20. Peso de la madera de fuste en condición verde-seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de (*Piptocoma discolor* . Kunth. Pruski)

No de arbol	Vol, Total M3	Vol Total (S,C) M3	Peso de la madera Sin.cort Kgs (Verde)	Peso de la madera Sin corteza Kgs (S.A)	Peso de la madera Sin corteza Kgs (S.H)	% Cortez a	Vol Cortez a (M3)	Dens Verde gr/cm 3	Dens. S.A gr/cm3	Dens.(S.H) gr/cm3
1	0,636	0,598	803	373	304.22	0,06	0,038	1,40	0,65	0,53
2	0,930	0,847	1108	478	394.8	0,09	0,083	1,32	0,57	0,47
3	0,860	0,783	1142	606	466.2	0,09	0,077	1,47	0,78	0,60
4	1,385	1,754	1837	937	737.5	0,07	0,096	1,47	0,75	0,59
5	0,952	0,867	1204	550	455.8	0,09	0,085	1,40	0,64	0,53
Total	4,763	4,301	6094	2944			0,462	1,41	0,67	0,54

Fuente. Las autoras

Cuadro 21. Peso de la corteza en condición verde, seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de la especie (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski)

No. Arbol	Vol Corteza (M ³)	Peso de cort (Verde) Kgs	Peso (S.A) Kgs	Peso (S.H) Kgs	Dens.Verde Gr/ Cm ³	Dens. S.A Gr/Cm ³	Dens. S.H Gr/Cm ³
1	0,038	58,14	17,48	12,54	1,53	0,46	0,33
2	0,083	126,99	44,82	35,69	1,79	0,54	0,43
3	0,077	117,81	38,5	25,41	1,5	0,5	0,33
4	0,096	146,88	56,64	41,28	1,78	0,59	0,43
5	0,085	130,05	44,2	33,15	2,13	0,52	0,39
Total	0,462	579,87	201,64	148,07			

Fuente, Los autores

*Para el cálculo del peso de la madera (Anhidro) se descontó el peso de la corteza, es decir se tuvo en cuenta solamente la madera sin corteza.

Cuadro 22. Peso de la Raíz en condición verde, seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de (*Piptocoma discolor*. Kunth Pruski)

No. Arbol	Peso Verde Aéreo Kgs	Peso S.A Aéreo Kgs	Peso S.H. Aéreo Kgs	Peso Raíz Kgs.Verde (*0,24)	Peso Raíz S.A Kgs. (*0,24)	Peso Raíz Kgs S.H (*0,24)
1	4406.64	2616	1835.76	1057,6	627,84	440,58
2	5304,09	3055.82	2210.73	1273,0	733,40	530,58
3	2773.31	1544.5	1198.54	665,6	370,68	287,65
4	3890,68	2264.64	1573.73	933,8	543,51	377,70
5	3566.9	2029.2	1564.95	856,1	487,01	375,59
				4786,0	2762,44	2012,09

Fuente. Los autores

*El peso de la raíz seco al horno (Anhidro) corresponde al 0.24 del peso aéreo del árbol según (IPCC).

2.6. Calculo de biomasa de los componentes constitutivos de cada árbol muestra de (*Miconia minutiflora* Bonpl. DC)

El peso anhidro corresponde al valor de biomasa, y por lo tanto se calculó el peso cada una de las partes correspondientes a los cinco árboles de muestra (follaje, fuste, Raíz y corteza) y una vez obtenido el volumen y la densidad de cada parte seca al horno (Anhidro). Se utilizó la formula; P

= V x D. Para el cálculo de la biomasa en toneladas de cada parte del árbol, se requirió del valor del peso de cada parte del árbol previamente calculado.

Cuadro 23. Peso de la capa foliar en condición verde, seca al aire y seca al horno de la especie (*Miconia minutiflora* Bonpl. DC)

Arbol	Vol. Capa foliar (M3) Verde	Densidad follaje verde	Peso capa foliar verde (Kg)	Densidad follaje seca al aire	Peso capa foliar seca al aire (kg)	Peso capa foliar seca al horno (Kg)	Densidad follaje seca al hornor
1	178.31	0.014	2496	0,009	1604,79	1069.86	0,006
2	84.7	0.013	1101,1	0,008	677,6	508.2	0,006
3	83.36	0,013	1083,6	0,008	666,88	500,16	0,006
4	243.09	0.015	3646,3	0,009	2187,8	1458.54	0,006
5	167.45	0.008	1339,6	0,005	837,2	502.35	0,003
TOTAL						4039,11	

Fuente. Los autores

Cuadro 24. Peso de la madera de fuste en condición verde-seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC)

No de arbol	Vol, Total M3	Vol Total (S,C) M3	Peso de la madera Sin.cort Kgs (Verde)	Peso de la madera Sin corteza Kgs (S.A)	Peso de la madera Sin corteza Kgs (S.H)	% Corteza	Vol Corteza (M3)	Dens Verde gr/cm3	Dens. S.A gr/cm3	Dens.(S.H) gr/cm3
1	0,674	0,604	724,8	561.72	344.28	0,11	0,07	1.2	0,93	0,57
2	0,985	0,895	1074	850.25	554.9	0,09	0,09	1.2	0,95	0,62
3	0,911	0,801	881,1	817,02	520.65	0,12	0,11	1.1	1,02	0,65
4	1,468	1,348	1617.6	1415.4	822.28	0,08	0,12	1.2	1,05	0,61
5	1,009	0,909	1090.8	954.45	554.49	0,10	0,10	1.2	1,05	0,61
Total	5,047		5386,1	4598,18	2796.6		0,49			

Fuente. Las autoras

Cuadro 25. Peso de la corteza en condición verde, seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de la especie (*Miconia minutiflora* Bonpl. DC)

No. Arbol	Vol Corteza (M ³)	Peso de cort (Verde) Kgs	Peso (S.A) Kgs	Peso (S.H) Kgs	Dens.Verde Gr/ Cm ³	Dens. S.A Gr/Cm ³	Dens. S.H Gr/Cm ³
1	0,07	194,6	77.7	54.6	2,78	1,11	0,78
2	0,09	253	76,5	54	2,81	0,85	0,60
3	0,11	240,9	94,6	62.7	2,19	0,86	0,57

4	0,12	355,2	128,4	88,8	2,96	1,07	0,74
5	0,10	284,00	109	78	2,84	1,09	0,73
Total	0,49	1327,6	486,2	333,1	2,70	0,01	0,68

Fuente, Las autoras

*El peso de la corteza en condición verde, seca al aire y anhidra se calculó según la fórmula $P = V * D$

*Para el cálculo del peso de la madera (Anhidro) se descontó el peso de la corteza, es decir se tuvo en cuenta solamente la madera sin corteza. ³

Cuadro 26. Peso de la Raíz en condición verde, seca al aire- Seca al Horno de 5 árboles de (*Miconia minutiflora* Bonpl. DC).

No. Arbol	Peso Verde Aéreo Kgs	Peso S.A Aéreo Kgs	Peso S.H. Aéreo Kgs	Peso Raíz Kgs. Verde (*0,24)	Peso Raíz S.A Kgs. (*0,24)	Peso Raíz Kgs S.H (*0,24)
1	3414.8	2244.21	1468.74	819,55	538,61	352,50
2	1355.17	1604.25	1117.1	325,24	385,02	268,10
3	2205.6	1578.5	1083.51	529,34	378,84	260,04
4	5619	3731.6	2369.62	1348,56	895,58	568,71
5	2714.4.	1900.65	1134.84	651,46	456,16	272,36
				3674,15	2654,21	1721,71

Fuente. Lo autores

*El peso de la raíz seco al horno (Anhidro) corresponde al 0.24 del peso aéreo del árbol según (IPCC).

2.7 Calculo de biomasa y carbono total de 5 árboles de la especie (*Piptocoma discolor* Kunth. Pruski)

El siguiente cuadro muestra que en los 5 árboles de muestreo de la especie *Piptocoma discolor*, donde se concentra la mayor biomasa de las diferentes partes del árbol es en el follaje con 5,877 toneladas correspondiente a 2,938 toneladas de carbono, siguiendo en orden descendente el fuste con 2,358 toneladas, correspondiente a 1,179 toneladas de carbono, el sistema radicular con 2,012 toneladas correspondiente a 1,006 toneladas de carbono y por último la corteza con 0,0058 toneladas correspondiente a 0,074 toneladas.

Cuadro 27 Calculo de biomasa y carbono total de 5 árboles de la especie (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski).

Partes del árbol	Biomasa (Toneladas)	en	Carbono Acumulado Ton. (*0.50) de la biomasa IPCC, 2003
Fuste	2,358		1.179
Follaje	5.877		2.938
Raíz	2,012		1,006
Corteza	0,148		0,074
TOTAL	10.395		5,197

Fuente, Lo autores

2.8 Calculo de biomasa y carbono total de 5 árboles de la especie (*Miconia mminutiflora* Bonpl. DC)

El siguiente cuadro muestra que en los 5 árboles de muestreo de la especie *Miconia minutiflora* Bonpl. DC , donde se concentra la mayor biomasa de las diferentes partes del árbol es en el follaje con **4,039** toneladas correspondiente a **2,019** toneladas de carbono, siguiendo en orden descendente el fuste con **2,796** toneladas, correspondiente a **1,398** toneladas de carbono, el sistema radicular con **1,721** toneladas correspondiente a 0,860 toneladas de carbono y por último la corteza con **0,333** toneladas correspondiente a **0,167** toneladas.

Cuadro 28 Calculo de biomasa y carbono total de 5 árboles de la especie (*Miconia mminutiflora* Bonpl. DC).

Partes del árbol	Biomasa (Toneladas)	en	Carbono Acumulado Ton. (*0.50) de la biomasa IPCC, 2003
Fuste	2,796		1,398
Follaje	4,039		2,019
Raíz	1,721		0,860
Corteza	0,333		0,167
TOTAL	8,889		4,444

Fuente. Los autores

El cálculo de carbono radicular tanto en la especie (*Piptocoma discolor* .Kunth. Pruski) como en el (*Miconia minutiflora* Bonpl. DC) se obtuvo, multiplicando la biomasa por 0.50. mediante la fórmula propuesta por el IPCC para bosque húmedo tropical y subtropical.

$$CR = 0,5 * (CA)$$

En el cuadro anterior muestra que en los 5 árboles de muestreo de la especie (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC), donde se concentra la mayor biomasa de las diferentes partes del árbol es en el follaje con 4,039 toneladas correspondiente a 2,019 toneladas de carbono, siguiendo en orden descendente el fuste con 2,796 toneladas, correspondiente a 1,398 toneladas de carbono, el sistema radicular con 1,721 toneladas correspondiente a 0,860 toneladas de carbono y por último la corteza con 0,333 toneladas correspondiente a 0,167 toneladas.

2.9 Calculo de biomasa y carbono total para la totalidad de árboles inventariados de (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski)

$$\text{Biomasa Total} = \frac{\text{Biomasa promedio de 5 árboles (Ton)} \times \text{N}^\circ \text{ de árboles inventariados en el Jardín}}{5}$$

$$BT = \frac{B (5 \text{ árboles}) * 15 (\text{arboles})}{5}$$

$$BT = \frac{10.395 \text{Tn} * 15 \text{ Arboles}}{5} = \frac{155.92}{5} \text{ Toneladas.}$$

$$BT = 31.18 \text{ toneladas}$$

$$\text{Carbono Total} = \frac{\text{Carbono promedio de 5 árboles (Tn)} \times \text{No de árbol inventariados en el Jardín Botánico}}{5}$$

$$CT = \frac{5.197 (\text{Tn}) \times 15 \text{ árboles}}{5} = 15.59 \text{ toneladas}$$

$$CT = 15.59 \text{ toneladas}$$

2.10 Calculo de biomasa y carbono total para la totalidad de árboles inventariados de (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC).

$$\text{Biomasa Total} = \frac{\text{Biomasa promedio de 5 árboles (Ton)} \times \text{N}^\circ \text{ de árboles inventariados en el Jardín}}{5}$$

$$\text{BT} = \frac{\text{B (5 árboles)} * 40 \text{ (arboles)}}{5}$$

$$\text{BT} = \frac{8.89\text{Tn} * 40 \text{ Arboles}}{5}$$

$$\text{BT} = 71,12 \text{ toneladas}$$

$$\text{Carbono Total} = \frac{\text{Carbono promedio de 5 árboles (Tn)} \times \text{No de árbol inventariados en el Jardín Botánico}}{5}$$

$$\text{CT} = \frac{4,44 \text{ (Tn)} \times 40 \text{ árboles}}{5} = 35,52 \text{ toneladas}$$

$$\text{CT} = 35,52 \text{ toneladas}$$

2.11 Cálculo de CO₂ total fijado por los árboles de la especie (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski) y (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC)

Para calcular el CO₂ fijado en los árboles de la especie *Piptocoma discolor* Kunth. Pruski y *Miconia minutiflora*. Bonpl. DC , se hizo el siguiente análisis: El total de toneladas de carbono almacenado, tanto en los 15 árboles de *Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski como en los 40 árboles de *Miconia minutiflora* Bonpl. DC se multiplica por el factor 3,67 el cual se deriva del peso atómico del CO₂. La masa atómica del carbono (C) es 12 y la del oxígeno (O) es 16. La masa molecular del dióxido de carbono (CO₂) está compuesta de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno. por lo tanto, 44 unidades de peso de dióxido de carbono (12+32=44) contienen 12 unidades de peso de carbono y 32 unidades de peso de oxígeno. Una unidad de peso de carbono equivale 3,67 unidades de CO₂ (44/12).

$$\text{Total CO}_2 = \text{TC de carbono en No árboles} * 3,67$$

Para el caso del (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski) en 15,59 toneladas de CT almacenado en 15 árboles equivalen a 57,21 toneladas de CO₂ en el momento el estudio,

Para el caso del (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC) en 35,52 toneladas de Carbono acumuladas en 40 árboles, equivalen a 130,35 toneladas de CO₂ en el momento del estudio

Cuadro 29. Relación entre la biomasa (B) , carbono (C) y dióxido de carbono (CO₂) del promedio de los cinco árboles muestreados, de la especie (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski)

Partes del Arbol	Biomasa (Toneladas)	en	Carbono Acumulado Ton. (*0.50) de la biomasa IPCC, 2003	Bióxido de carbono *(3,67)
Fuste	2,358		1.179	4.32.
Follaje	5.877		2.938	10.78
Raíz	2,012		1,006	3.69
Corteza	0,148		0,074	0.27
TOTAL	10.395		5,197	19.07

Fuente. Las autoras

(* 3.67 Factor derivado de le masa molecular del CO₂).

Cuadro 30. Relación entre la biomasa (B) , carbono (C) y dióxido de carbono (CO₂) del promedio de los cinco árboles muestreados, de la especie (*Miconia minutiflora*. Bonpl. DC).

Partes del Arbol	Biomasa (Toneladas)	en	Carbono Acumulado Ton. (*0.50) de la biomasa IPCC, 2003	Bióxido de carbono *(3,67)
Fuste	2,796		1,398	5.13
Follaje	4,039		2,019	7.41
Raíz	1,721		0,860	3.16
Corteza	0,333		0,167	0.61
TOTAL	8,889		4,444	16.30

Fuente. Las autoras

(* 3.67 Factor derivado de le masa molecular del CO₂).

2.12 Clasificación diamétrica de la población de (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico.

Se realizó una distribución diamétrica con el fin de determinar la desviación estándar y la varianza entre los DAP de la población objeto de estudio.

Cuadro. 31. Distribución diamétrica de la especie (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico.

Intervalos	Marca de clase (Xi)	fi
19 – 23.4	21,2	2
23.5 – 27.9	25,7	6
27.0 – 32.3	29,6	2
32.4 – 36.8	34,6	1
36.9 – 41.2	39	4
Total		15

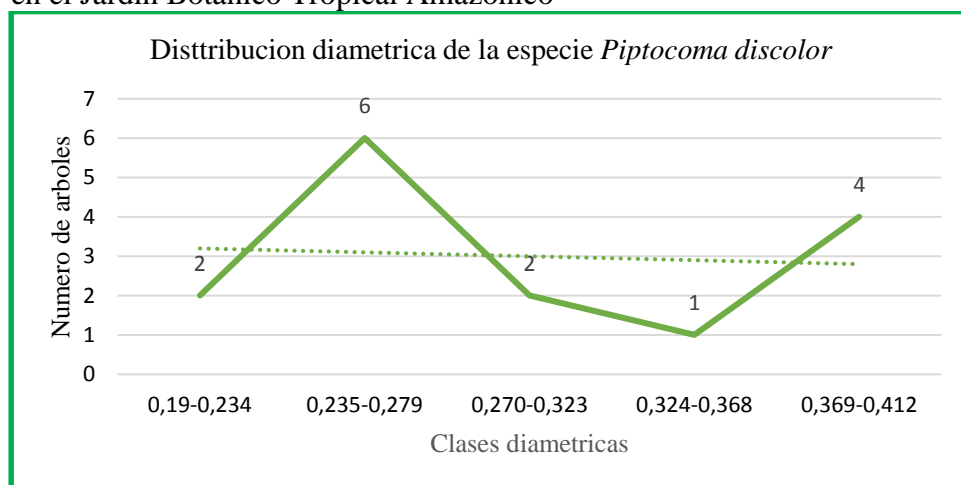
Fuente. Lo autores

Rango =22 cms

Intervalos = $1+3.3 \cdot \log(15) = 5$ (aprox) ,

Amplitud= $22/ 5 = 4,4$

Grafica. 5. Distribución diamétrica de la especie (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico



Fuente Los autores

Rango = 39

Intervalos= $1+3.3 \cdot \log n = 6$

Amplitud = $R/I = 6.5$

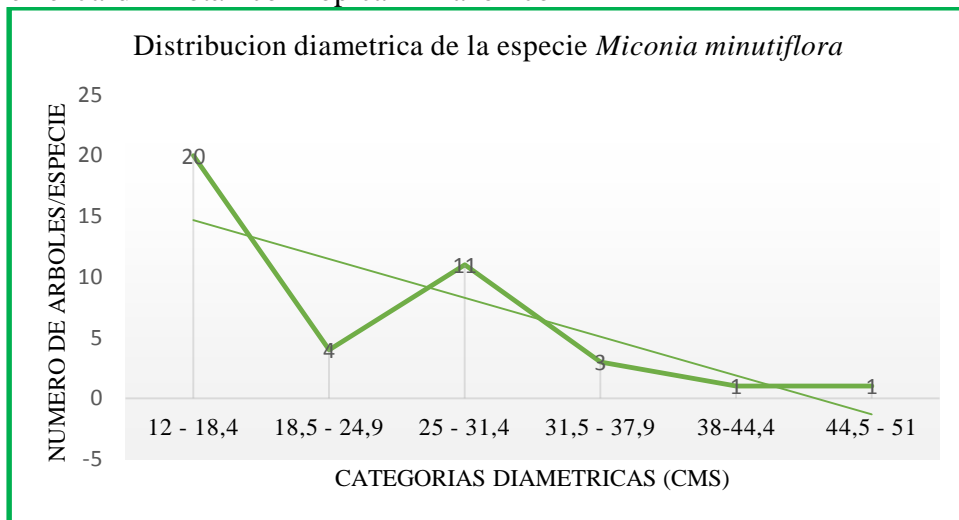
Cuadro.32 Distribución diamétrica de la especie (*Miconia minutiflora*) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico

Intervalos	Marca de clase (X)	Fi
12 - 18,4	15,2	20

18,5 - 24,9	21,7	4
25 - 31,4	28,2	11
31,5 - 37,9	34,7	3
38-44,4	41,2	1
44,5 - 51	47,75	1
		40

Fuente. Los autores

Grafica. 6. Distribución diamétrica de la especie (*Piptocoma discolor*. Kunth. Pruski) localizada en el Jardín Botánico Tropical Amazónico



Fuente. Los autores

3.. CONCLUSIONES

El mayor número de aboles de (*Piptocoma discolor*) se concentra en la categoría diamétrica II con 6 ejemplares, correspondientes al 40%, mientras que la mayoría de árboles de (*Miconia minutiflora*) se concentra en la categoría I con 20 ejemplares, correspondiente al 50%, lo cual se debe a que el (*Piptocoma discolor*) es una especie menos tolerante a la sombra que el (*Miconia minutiflora*), los cuales compiten con mayor facilidad por la luz y de hecho se presenta una mayor regeneración natural en dicho bosque.

La especie (*Piptocoma discolor*) a pesar de tener menos cantidad de árboles en dicho bosque, con 15 ejemplares presenta una mayor capacidad de captura de carbono que el (*Miconia minutiflora*) con 40 ejemplares, con valores de **15.59 toneladas de carbono y 35,52 toneladas respectivamente.**

La especie (*Piptocoma discolor*) al terminar su ciclo de vida en dicho ecosistema, se dejaría de almacenar 15.59 toneladas de carbono, mientras que el morochillo tiene una tendencia a desarrollarse y a convertirse en árboles emergentes y dominantes por más de 50 años.

En la especie (*Piptocoma discolor*) almacena en su follaje aproximadamente a 2.5 veces del carbono que en el fuste y 2.9 veces superior que el carbono almacenado en la raíz y además corresponde a 40 veces superior que el carbono almacenado por la corteza. Mientras que en el (*Miconia minutiflora*) el carbono del follaje que es de 7.41 toneladas, es de aproximadamente 1.5 veces mayor que en el fuste, y 2.3 veces superior que en la raíz. Además, es 12.1 veces superior que el carbono almacenado en la corteza.

En la gráfica de distribución diamétrica tanto del (*Piptocoma discolor*) como de (*Miconia minutiflora*) se puede evidenciar que no existe una continuidad de la curva, sino que se presenta altibajos debido a la intervención del bosque y a la poca regeneración de las dos especies. Igualmente, en el caso del *Piptocoma* se puede observar que tan solo existen 2 árboles en la categoría I, mientras que en el *Miconia* existen 20 ejemplares, y este es un indicador de estructura

en donde se percibe que la especie de palo negro está a punto de extinguirse de dicho ecosistema, por cuanto sus ejemplares han llegado al fin de su ciclo de vida

El conocimiento del comportamiento de las especies forestales, en el Jardín Botánico Tropical Amazónico del ITP, muestra cómo funciona la dinámica del carbono en ecosistemas rurales, al mismo tiempo da a conocer un poco de los servicios ambientales que estos parches de bosque brindan y que están siendo requeridos a nivel local y mundial más aun cuando existe un calentamiento climático en nuestro planeta.

4. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar tratamientos silviculturales a los diferentes rodales que posee el Jardín Botánico Tropical Amazónico, y direccionados a mejorar las especies con mayor potencial de captura de carbono y CO², por cuanto el aumento de follaje, como de fustes ayudan a mejorar y a obtener una mayor biomasa

Para la estimación de producción de biomasa aérea arbórea, es necesario realizar un mayor número de réplicas en diferentes épocas del año (verano e invierno), por la dificultad de tomar los datos más seguidos, en esta investigación se tomó los datos en una época lluviosa que duro dos meses. Debido a que en el periodo de estudio se presentaron numerosas precipitaciones sobre la zona, se presume que la humedad excesiva en el suelo influye notoriamente en la densidad y calidad de la madera y por ende influye en la biomasa total de los árboles.

Es muy importante tener en cuenta los factores meteorológicos, que tienen una gran influencia en la productividad primaria y producción de biomasa aérea arbórea y sería significativo el monitoreo de estos factores en las áreas de estudio con el fin de relacionar la productividad y el clima.

Es necesario realizar estudios de este tipo, direccionados a conocer la eficiencia de la biomasa y de carbono en las diferentes partes del fuste (xilema y floema), partes altas, media y baja del fuste.

BIBLIOGRAFIA

- Agudelo Guinand, M. I. (2009). Biomasa aérea y contenido de carbono en un bosque de *Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa* corredor de conservación de robles guantiva la Rusia Iguaque. Santander - Boyacá
- Bastienne schlegel. (2001). Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde, Universidad Austral de Chile. Chile 2001.
- Bifani –Richard. 2012. Enfrentando el cambio climático. Genero Vulnerabilidad y Cambio Climático. Editorial IEPALA, Madrid España. Disponible en línea. Disponible en http://www.iepala.es/IMG/pdf/Manual_06_CAMBIO_CLIMATICO-Genero.pdf. Descargado Mayo de 2018.
- Brown, S., & Lugo, A. E. (1984). A New Estimate Based. Biomass of Tropical Forests , Science, 2223 (4642), 120-1293.
- Carvajal Micaela, Mota Cesar, Iglesias Maria. Investigación sobre absorción de CO2 en los cultivos más representativos. Consejo Superior de Investigaciones científicas. Murcia. España.
- Ciesla, M. W. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. FAO. Roma Italia. 146 p.
- Cairns M.; Brown S.; Helmer E. and G. Baumgardner 1997. Root biomass allocation in the world's upland forest. *Oecologia* 111: 1-11.
- Camargo, JC; Chará, J; Giraldo, L; Chará-Serna, A; Pedraza, G. 2011. Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión Cafetera de Colombia. 1. Efectos sobre propiedades del suelo. *Recursos Naturales y Ambiente* 61: 47-53
- Espinoza-Domínguez, Krishnamurthy I. Vázquez-Alarcón, Torres Rivera. 2012. Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(1): 57-70, 2012. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v18n1/v18n1a6.pdf>. [Capturado Mocoa Agosto 18 de 2017].

- Fonseca, W.; Alice, F.; Rrey, J. M. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona caribe de Costa Rica. *Bosque (CL)*. 30(1): 36-47
- Gentry, H. (1993). A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa. Conservation International.
- Gutiérrez Tejeiro G. Normatividad sobre cambio climático en Colombia, Diagnóstico y futuro. Instituto Colombiano de derecho ambiental. [En línea]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co>. [Descargado agosto de 2017.]
- Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC. Cambio climático y biodiversidad [En línea]. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>. 85 pp. [Descargado Mayo de 2017.]
- Gayoso, J.; B. Schlegel. 2001. Proyectos Forestales para la mitigación de gases efecto invernadero. Una tarea pendiente. *Ambiente y desarrollo*. Vol. 17(1): 41-49
- Hernández, Mendizábal- Lilia del C.; Landa Alba-, Suárez-Dorantes Juan, (2009). Captura de carbono por *Cedrela odorata* L. en una plantación de origen genético conocido Foresta Veracruzana, Vol. 11, Núm. 1, 2009, pp. 13-18 Universidad Veracruzana México [En línea]. Disponible <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=49711999003>. [Fecha de descarga Octubre de 2017].
- Hurtado de Barrera, J. (2010). Guía para la comprensión holística de la ciencia. Tercera Edición, Fundación Sygal: Caracas. (Parte II Capítulo 3 y 4).
- IPCC. (2002) Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Cambio climático y biodiversidad. [En línea]. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>. 85 pp. [Descargado Mayo 20 de 2017.]
- Lara Carlos E., Díez María C., Moreno Flavio H. 2008. Memorias Seminario Internacional Bosques Tropicales y Desarrollo. Medellín, Colombia. 2008 118 pp. [En línea]. Disponible en: <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/156.pdf>. [Capturado Mocoa Octubre 15 de 2017].
- Macdiken, K. 1997. A Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, VA, US, Winrock International. 87 p.

- Ministerio de Medio Ambiente. Grupo de Mitigación y Cambio Climático. [En línea]. Disponible en www.minambiente.gov.co/.../cambio_climático/.../230812. [Descargado..Octubre de 2017].
- Maidana Pizzurno María. Estimación preliminar del *stock* de carbono en diferentes tipos de bosques en el Parque Nacional Caazapá, departamento Caazapá. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay 2010. [En línea] Disponible en http://araucaria.seam.gov.py/attachments/article/69/tesis_ceciliapizzurno.pdf. [Capturado Mocoa mayo 25 de 2017]
- Montoya, G., L. Soto, Ben de Jong, K. Nelson, P. Farias, Pajal Yakac Tic, J. Taylor y R. Tipper. 1995. Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México, D.F.
- Nadler, A.; Meza, A.; Torres, R.; Jara, M. 2001. Medición del carbono almacenado en los bosques de la reserva nacional Malleco, IX región, Chile [En línea]. Disponible en http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/32_Nadler.PDF. [Consultado en septiembre de 2017].
- Ordoñez Benjamín Antonio. 2001.Captura de Carbono ante el Cambio Climático. Instituto de Ecología, Xalapa. México, 2001.
- Pérez, 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
- Páez Mendoza C. M. 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. UNAD. Tunja, Boyacá
- Reynel, C., Pennington, R., Pennington, T., Flores, C., & Daza, A. (2003). Árboles útiles de la amazonia peruana y sus usos, un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Lima, Perú: Tarea Asociacion Gráfica Educativa.
- Salati, E. 1990. Los Posible Cambios Climáticos en América Latina y el Caribe y sus Consecuencias. Report # 90-7-1223, Naciones Unidas and Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL. Santiago de Chile, 12-14 de septiembre, 45 pp.

Salinas, Z.; Hernández, P. 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía.
Turrialba, C.R.: CATIE. 171 p

Zamora Collazo J Carlos . (2003). Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el
bosque de pino del ejido “La Majada” municipio de Peribán de Ramos, Michoacán 47
pp.<http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/413.pdf> Descargado Mayo 15 de 2017

ANEXOS

Anexo 1

PLANILLA PARA INVENTARIO FORESTAL													
ZONA:													
PARCELA 1													
Nº ARBOLES		N.V	ESPECIE	DAP	CIRC. (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	F. COPA	POSIC. COPA	CALIDAD FUSTE	TREPAD	EST. FITOS	OBSERVACIONES
1		MOROCHILLO		28,33	89	22	13	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	SI	BUENO	
2		MOROCHILLO		13,37	42	11	7	GLOBOSA	NULA	BUENO	NO	BUENO	
3		MOROCHILLO		14,64	46	13	9	IRREGULAR	PARCIAL	BUENO	SI	BUENO	
4		MOROCHILLO		21,65	68	14	10	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
5		MOROCHILLO		25,15	79	12	10	GLOBOSA	NULA	BUENO	NO	BUENO	
6		MOROCHILLO		12,10	38	10	2,5	GLOBOSA	NULA	BUENO	NO	BUENO	
7		MOROCHILLO		13,69	43	8	6	IRREGULAR	NULA	BUENO	NO	BUENO	
8		MOROCHILLO		12,10	38	9	3	IRREGULAR	NULA	BUENO	NO	BUENO	
9		MOROCHILLO		32,47	102	14	10	GLOBOSA	PARCIAL	REGULAR	NO	BUENO	
10		MOROCHILLO		12,10	38	11	3	IRREGULAR	NULA	IRREGULAR	SI	REGULAR	
11		MOROCHILLO		12,41	39	15	11	GLOBOSA	PARCIAL	BUENA	SI	BUENO	
12		MOROCHILLO		16,23	51	17	11	GLOBOSA	PARCIAL	REGULAR	SI	BUENO	
13		PALO NEGRO		41,70	131	24	14	IRREGULAR	TOTAL	REGULAR	SI	REGULAR	COMEJEN
14		MOROCHILLO		14,64	46	16	10	GLOBOSA	NULA	BUENO	NO	BUENO	
15		PALO NEGRO		24,51	77	17	10	IRREGULAR	PARCIAL	MALA	SI	REGULAR	HUECOS DE COMEJEN
16		PALO NEGRO		19,74	62	15	9	IRREGULAR	PARCIAL	REGULAR	SI	REGULAR	
17		PALO NEGRO		9,55	30	8	6	IRREGULAR	NULA	REGULAR	NO	MALO	MUERTO
PARCELA 2													
Nº ARBOLES		N.V	ESPECIE	DAP	CIRC. (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	F. COPA	POSIC. COPA	CALIDAD FUSTE	TREPAD	EST. FITOS	OBSERVACIONES

1		MOROCHILLO			18	20	3	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
2		MOROCHILLO			25,8	17	8	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
3		MOROCHILLO			15,3	18	13	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
4		PALO NEGRO			26,5	24	17	IRREGULAR	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
5		MOROCHILLO			13	16	3	IRREGULAR	NULA	BUENO	NO	BUENO	
6		MOROCHILLO			24	21	10	IRREGULAR	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
7		MOROCHILLO			12	14	8	IRREGULAR	NULA	BUENO	NO	BUENO	
8		MOROCHILLO			24,4	18	10	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
9		MOROCHILLO			13	12	5	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
10		MOROCHILLO			18	16	9	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	SI	BUENO	
11		MOROCHILLO			14	16	11	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
12		MOROCHILLO			34	24	16	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	SI	BUENO	
13		MOROCHILLO			25,4	22	14	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
14		MOROCHILLO			12,54	16	10	IRREGULAR	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
15		PALO NEGRO			34	21	5	IRREGULAR	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
16		PALO NEGRO			27	21	17	IRREGULAR	TOTAL	REGULAR	NO	REGULAR	

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PARCELA 3

Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP	CIRC. (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	F. COPA	POSIC. COPA	CALIDAD FUSTE	TREPAD	EST. FITOS	OBSERVACIONES
1		MOROCHILLO	17,1886 9366	54	16	12	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
2		PALO NEGRO	25,7830 4049	81	7	7	NO	NULA	MALA	SI	MALO	PODRIDO
3		MOROCHILLO	25,7830 4049	81	22	16	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
4		PALO NEGRO	28,3295 1362	89	17	13	IRREGULAR	PARCIAL	BUENO	SI	BUENO	
5		MOROCHILLO	40,1069 5187	126	23	9	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	SI	BUENO	
6		MOROCHILLO	24,8281 1306	78	17	8	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	

PARCELA 4													
Nº ARBOLES		N.V	ESPECIE	DAP	CIRC. (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	F. COPA	POSIC. COPA	CALIDAD FUSTE	TREPAD	EST. FITOS	OBSERVACIONES
1		PALO NEGRO		19,7351 6679	62	17	14	IRREGULAR	TOTAL	BUENO	SI	BUENO	
2		MOROCHILLO		14,0056 0224	44	15	12	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
3		MOROCHILLO		51,5660 8098	162	25	14	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
4		MOROCHILLO		26,7379 6791	84	21	17	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
5		MOROCHILLO		27,0562 7706	85	16	7	GLOBOSA	PARCIAL	BUENO	NO	BUENO	
6		MOROCHILLO		25,4647 3135	80	18	7	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
7		MOROCHILLO		18,1436 2108	57	16	11	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
8		MOROCHILLO		28,3295 1362	89	19	12	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
9		PALO NEGRO		26,1013 4963	82	18	6	IRREGULAR	PARCIAL	BUENO	SI	BUENO	
10		MOROCHILLO		27,3745 862	86	15	8	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	SI	BUENO	
11		PALO NEGRO		27,6928 9534	87	20	13	IRREGULAR	TOTAL	BUENO	SI	BUENO	
12		PALO NEGRO		28,9661 3191	91	21	15	IRREGULAR	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
13		MOROCHILLO		27,0562 7706	85	21	12	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
14		MOROCHILLO		30,8759 8676	97	19	12	GLOBOSA	TOTAL	BUENO	NO	BUENO	
15		MOROCHILLO		12,4140 5653	39	16	9	IRREGULAR	NULA	BUENO	NO	BUENO	
16		PALO NEGRO		37,5604 7874	118	18	2	IRREGULAR	IRREGULAR	REGULAR	NO	REGULAR	

Anexo 2

Area basal, Volumen total y comercial de la especie *Miconia minutiflora*

PARCELA 1								
Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	Area Basal	Vol. Total	Vol Com
1	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,28	22	13	0,06	0,96	0,65
2	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,13	11	7	0,01	0,12	0,08
3	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,14	13	9	0,02	0,16	0,12
4	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,21	14	10	0,03	0,39	0,29
5	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,25	12	10	0,05	0,48	0,41
7	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,13	8	6	0,01	0,09	0,07
8	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,12	9	3	0,01	0,09	0,03
9	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,32	14	10	0,08	0,89	0,67
10	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,12	11	3	0,01	0,11	0,03
11	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,12	15	11	0,01	0,14	0,11
12	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,16	17	11	0,02	0,26	0,19
14	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,14	16	10	0,02	0,19	0,13
TOTAL: 13						0,33	3,89	2,79

PARCELA 2								
Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	Area Basal	Vol. Total	Vol Com
1	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,18	20	3	0,03	0,38	0,07
2	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,26	17	8	0,05	0,68	0,36
3	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,15	18	13	0,02	0,25	0,20
5	MOROCHILLO	<i>Miconia minutiflora</i>	0,13	16	3	0,01	0,17	0,04

6	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,24	21	10	0,04	0,69	0,38
7	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,12	14	8	0,01	0,13	0,08
8	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,24	18	10	0,05	0,64	0,40
9	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,13	12	5	0,01	0,13	0,06
10	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,18	16	9	0,03	0,32	0,20
11	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,14	16	11	0,02	0,19	0,14
12	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,34	24	16	0,09	1,48	1,12
13	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,25	22	14	0,05	0,79	0,57
14	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,13	16	10	0,01	0,16	0,11
TOTAL: 13						0,42	5,99	3,72

PARCELA 3								
Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	Area Basal	Vol. Total	Vol Com
1	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,17	16	12	0,03	0,28	0,23
3	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,25	22	16	0,06	0,77	0,61
5	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,4	23	9	0,16	1,98	0,95
6	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,24	17	8	0,06	0,59	0,31
TOTAL: 4						0,31	3,62	2,10

PARCELA 4								
Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	Area Basal	Vol. Total	Vol Com
2	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,14	15	12	0,02	0,18	0,15
3	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,51	25	14	0,20	3,34	2,22
4	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,26	21	17	0,05	0,80	0,69
5	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,27	16	7	0,06	0,71	0,35

6	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,25	18	7	0,05	0,67	0,30
7	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,18	16	11	0,03	0,32	0,24
8	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,28	19	12	0,06	0,87	0,61
13	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,27	21	12	0,06	0,86	0,56
14	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,3	19	12	0,07	0,99	0,69
10	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,27	15	8	0,06	0,68	0,40
15	MOROCHILLO	Miconia minutiflora	0,12	16	9	0,01	0,14	0,09
TOTAL: 10						0,66	9,56	6,30

Anexo 3.

Area basal-Volumen total y comercial dela especie Piptocoma discolor

PARCELA 1								
Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	Area Basal	Vol. Total	Vol Com
1	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,41	24	14	0,13	2,13	1,45
2	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,24	17	10	0,04	0,59	0,38
3	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,19	15	9	0,03	0,34	0,22
4	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,28	8	6	0,06	0,43	0,33
TOTAL: 4						0,27	3,49	2,38

PARCELA 2								
Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	Area Basal	Vol. Total	Vol Com
1	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,27	24	17	0,05	0,91	0,72
2	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,34	21	5	0,09	1,36	0,41
3	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,27	21	17	0,06	0,86	0,74
TOTAL : 3						0,20	3,13	1,87

PARCELA 3								
Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	Area Basal	Vol. Total	Vol Com
1	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,25	7	7	0,06	0,30	0,30
2	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,28	17	13	0,08	0,80	0,65
TOTAL: 2						0,14	1,10	0,95
PARCELA 4								

Nº ARBOLES	N.V	ESPECIE	DAP (CM)	ALTURA TOTAL	ALTURA COMERCIAL	Area Basal	Vol. Total	Vol Com
1	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,26	18	6	0,05	0,72	0,28
2	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,27	20	13	0,06	0,84	0,60
3	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,28	21	15	0,06	0,93	0,73
4	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,37	18	2	0,11	1,44	0,20
5	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,37	18	2	0,11	1,44	0,20
6	PALO NEGRO	Piptocoma discolor).	0,19	17	14	0,03	0,37	0,32
TOTAL: 6						0,41	5,74	2,33

Anexo 4. Registro fotográfico



Fotografía 1 Toma de datos den inventario forestal



Fotografía 2 Recolección de muestras



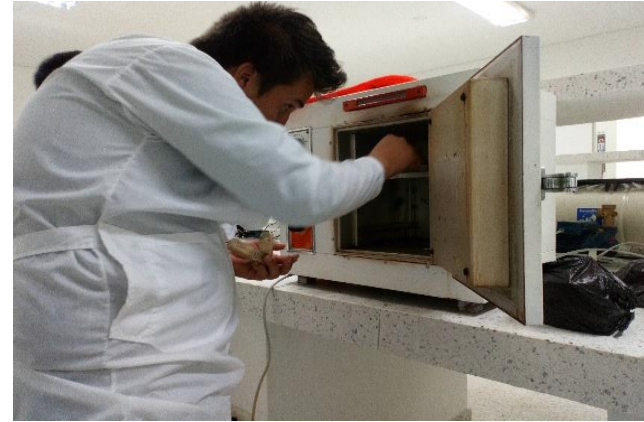
Fotografía 3 Muestras



Fotografía 4 Elaboración de probetas



Fotografía 5 Secado de las muestras



Fotografía 6 Ingreso de probetas al horno



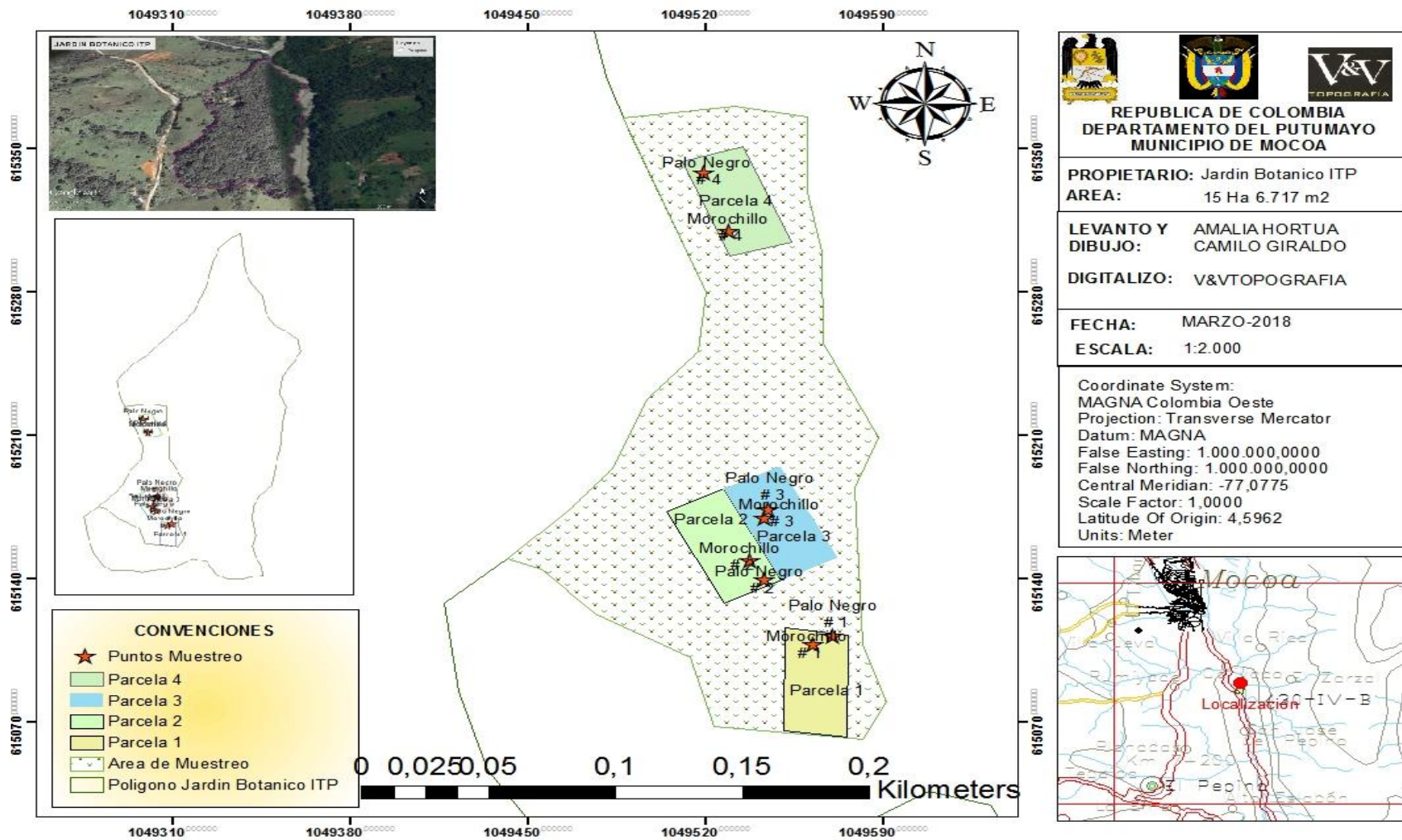
Fotografía 7 Probetas en el horno



Fotografía 8 Sacado de probetas del horno

Anexo 5

Mapa Jardín Botánico Tropical Amazonico



Mocoa Junio 20 de 2018

Señores

COMITÉ DE EVALUACION

CIECYT

Instituto Tecnológico del Putumayo

Mocoa

Cordial Saludo

Respetuosamente nos permitimos hacer entrega del trabajo de grado denominado FIJACION DE CARBONO EN DOS ESPECIES FORESTALES PALO NEGRO (*Piptocoma discolor*). Kunth Pruski.Y MOROCHILLO (*Miconia minutiflora*) Bonpl. DC. EN UN BOSQUE SECUNDARIO DEL JARDIN BOTANICO TROPICAL AMAZONICO DEL MUNICIPIO DE MOCOYA, correspondiente a los estudiantes EDWIN CAMILO GIRALDO MURILLO, AMALIA HORTUA JURADO, de los programas de Ingeniería Forestal e Ingeniería Ambiental, plenamente corregido según sugerencias y recomendaciones por los jurados, el día de la sustentación.

Por su atención prestada a nuestra solicitud reciban nuestro agradecimiento.

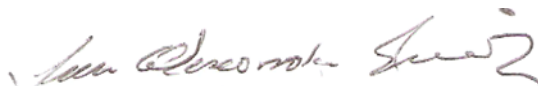
Atentamente

EDWIN CAMILO GIRALDO MURILLO,

Estudiante Ing. Forestal

AMALIA HORTUA JURADO

Estudiante. Ing. Ambiental



Luis Alexander Escobar Ramírez

Asesor

