

Cuantificación de biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila, como aporte a la cuantificación de captura de carbono orgánico en guaduales.

Diana Stefany Molina Calderón

William Sneyder Montealegre Rojas

Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD

CCAV Pitalito - Huila

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Del Medio Ambiente ECAPMA

Programa Ing. Ambiental

Pitalito – Huila

2018

Cuantificación de biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila, como aporte a la cuantificación de captura de carbono orgánico en guaduales.

Diana Stefany Molina Calderón

William Sneyder Montealegre Rojas

Trabajo de grado como requisito para optar al título de Ingenieros Ambientales

Director

Gustavo Adolfo Ramírez Córdoba

Ingeniero Forestal

Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD

CCAV Pitalito - Huila

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Del Medio Ambiente ECAPMA

Programa Ing. Ambiental

Pitalito – Huila

2018

DEDICATORIA

A.

Dios,

Por darnos la oportunidad de vivir, y otorgarnos la fuerza, la sabiduría y la esperanza necesaria para luchar por cada uno de los propósitos, objetivos y metas que nos propongamos.

A nuestros padres, por ser el pilar fundamental en toda la formación integral como personas; y por su apoyo incondicional perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios y a la vida por permitirnos escalonar un peldaño más, en el cumplimiento de nuestros sueños, con el propósito de encontrar la tan anhelada estabilidad, tranquilidad y por supuesto felicidad, y acercarnos a la libertad.
- Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD como institución de educación superior la cual se resalta por la calidad humana y de servicio, como a cada uno de los funcionarios que la integran.
- Director del proyecto Gustavo Adolfo Ramírez Córdoba, Ingeniero Forestal, Estudiante de M.Sc. en Sistemas Sostenibles de Producción, por su apoyo, direccionamiento y compromiso en cada una de las fases del trabajo de investigación.
- Señor Miguel Enrique Molina Rodríguez, por su apoyo en campo, dado la dificultad y desgastante labor en el corte de las guaduas y recolección de muestras.
- Productor cafetero del sur del Huila del Municipio de Acevedo finca El Paraíso el señor Orlando Babativa Ortiz, y su Familia; por su gran disposición e importante contribución en el proceso de secado de las muestras del estudio de investigación.
- William Ignacio Montealegre Torres, Ing. Forestal, Especialista en Ing. ambiental, Especialista en dirección prospectiva y estratégica de las organizaciones, Magister en administración de organizaciones. y Nelly María Méndez Pedroza, Ing. Forestal, Especialista en gerencia estratégica de mercado, Magister en administración de

organizaciones, Doctora en Desarrollo sostenible, por sus efectivas gestiones y apoyo moral y económico en todos los procesos efectuados antes, durante y después del proyecto.

- Daneida Ruiz y Marlen Yulitza Cleves, Estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental de la escuela Agrícola, Pecuaria y del Medio Ambiente ECAPMA por la colaboración y apoyo en las salidas de campo.

Resumen

En la puerta de entrada del macizo colombiano, sobre la cuenca hidrográfica del río Guarapas del municipio de Pitalito, se cuantificó la biomasa aérea de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), utilizando medidas dasométricas a través del método destructivo. Se seleccionaron 120 rodales de los cuales se tomaron muestras húmedas (hojas, ramas, madera) de 3 de guadas seleccionadas al azar por rodal, siguiendo rutas según la cobertura y extensión de la cuenca, basado en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica – POMCH - Río Guarapas 2009 (rutas a los municipios Palestina, Bruselas, Timaná, Oporapa - Saladoblanco, Chillurco, Urbano).

Próximo a esto, las muestras fueron llevadas a un proceso de secado durante 48 horas a 50°C, obteniendo así los valores de peso húmedo, peso inicial y peso seco, datos con los cuales se realizó una serie de ecuaciones para determinar el contenido de humedad y el volumen de biomasa seca, determinándose promedios aproximados de 34% de contenido de humedad por guadua y 82 Ton/ha de biomasa seca en área de estudio.

Se comprobó una variabilidad considerada amplia respecto al promedio de volumen de biomasa seca por hectárea por rutas, con valores que van desde 68 Ton/ha hasta 100 Ton/ha. A partir de estos resultados, se pueden proyectar trabajos de investigación con el fin de incluir a ésta especie vegetal en mercados de carbono, en estrategias de adaptación al cambio climático,

en estrategias de conservación de recursos naturales, etc., y también motivar su comercio e industrialización en el mercado colombiano.

Palabras Claves: Guadua, Cuantificación, biomasa, cambio climático, método destructivo, medidas dasométricas.

Abstract

At the entry of the Colombian massif, over the Guarapas river watershed of the municipality of Pitalito, the aerial biomass of the Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) was quantified using dasometric measures through the destructive method. A total of 120 areas were selected, from which wet samples (leaves, branches, wood) were taken from 3 randomly selected guaduas per area, following routes according to the coverage and extension of the watershed, based on the watershed development and management plan - POMCH - of the Guarapas river 2009 (routes to the municipalities Palestina , Bruselas, Timaná, Oporapa - Saladoblanco, Chillurco, Urbano).

Next, the samples were taken to a drying process for 48 hours at 50 ° C, obtaining the values of wet weight, initial weight and dry weight, data with which a series of equations was carried out to determine the content of humidity and the volume of dry biomass, determine approximate averages of 34% of moisture content per bamboo and 82 Ton/ha of dry biomass in the study area.

A wide variability was found regarding the average volume of dry biomass per hectare per route, with values ranging from 68 Ton / ha to 100 Ton / ha. Based on these results, research projects can be screened to include this plant species in carbon markets, in strategies to adapt to climate change, in strategies for the conservation of natural resources, etc., and to motivate their trade and industrialization in the Colombian market.

Key words: Guadua, Quantification, biomass, climate change, destructive method, dasometric measurements.

Glosario

Biomasa: es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente.

Biomasa aérea: toda la biomasa viva por encima del suelo incluyendo el tronco, el tocón, las ramas, la corteza, semillas y las hojas.

Biomasa subterránea: toda la biomasa viva de las raíces vivas. Las raíces pequeñas de menos de 2 mm de diámetro están excluidas porque éstas a menudo no pueden distinguirse, de manera empírica, de la materia orgánica del suelo u hojarasca.

Canutos: intercepciones continuas, marcadas de diferentes distancias, presentes en el culmo de la guadua.

Carbono: el carbono es un elemento químico de número atómico 6. Es sólido a temperatura ambiente. Dependiendo de las condiciones de formación puede encontrarse en la naturaleza en forma cristalina, como es el caso del grafito, el diamante y la familia de los fullerenos y nanotubos de carbono; o bien en forma amorfa (negro de humo). Es el pilar básico de la química orgánica y forma parte de todos los seres vivos.

Culmo: los tallos de guadua, con sus más de 20 m. De altura, se despiezan en cañas de longitud estándar de 6 m., y según su posición original en la planta se establecen 3 secciones diferenciadas.

Medidas dasométricas: es una parte de la dasonomía que se encarga de la medición, cálculo o estimación de los volúmenes, edad e incremento de las masas forestales.

Método destructivo: o también conocido como método directo, método utilizado en campo, consiste en medir los parámetros básicos de un árbol, entre los más importantes, diámetro a la altura del pecho (DAP, cm), altura total (at, m), diámetro de copa (dc, m) y longitud de copa (lc, m); derribarlo y calcular la biomasa pesando cada uno de los componentes (fuste, ramas, raíces y follaje).

Rizoma: es un tallo que se encuentra por debajo del nivel del suelo que crece de forma horizontal emitiendo raíces que se dirigirán hacia abajo y brotes que saldrán desde los nudos hacia arriba.

Servicios ecosistémicos: como aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Esos beneficios pueden ser de dos tipos: directos e indirectos.

Tabla de contenido

Resumen	vi
Abstract	vii
Glosario	ix
Lista de tablas.....	xiii
Lista de figuras	xiv
Introducción	1
Planteamiento del problema.....	3
Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Justificación.....	6
Marco teórico	9
Metodología	23
Tipo de estudio.....	23
Métodos de investigación.....	23
Enfoque investigativo.....	24
Fuentes y técnicas para recolección de información.....	24

Área de estudio.....	25
Trabajo de campo.....	26
Muestra.....	26
Marcación de guadas:.....	26
Corte:.....	26
Secado:	27
Análisis y estimación de biomasa	27
Tratamiento de información.....	32
Resultados	33
Análisis de resultados.....	56
Conclusiones	59
Recomendaciones.....	63
Bibliografía	65
ANEXOS	71
Anexo 1. Tabla de coordenadas de puntos de muestreo	71
Anexo 2: Rótulo utilizado para la identificación de las muestras.....	86
Anexo 3: Planilla de recolección de información en campo.....	86
Anexo 4: Trabajo de campo	88
Anexo 5: Proceso de secado.....	89

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Guadua angustifolia Kunth.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2. Variables climatológicas óptimas de estación para la guadua.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3. Análisis de varianza de contenido de humedad de madera.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 4. Análisis de varianza de contenido de humedad de ramas.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5. Análisis de varianza de contenido de humedad de hojas</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6. Contenido de humedad por órgano y por año.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 7. Análisis de varianza de porcentaje de biomasa de madera.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 8. Análisis de varianza de porcentaje de biomasa de ramas.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 9. Análisis de varianza de porcentaje de biomasa de hojas.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 10. Porcentaje de biomasa por órgano</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 11. Análisis de varianza volumen promedio de biomasa de culmo.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 12. Análisis de varianza volumen promedio de biomasa de ramas</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 13. Análisis de varianza volumen promedio de biomasa de hojas.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 14. Resultados de biomasa seca</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 15. Contenido de peso seco acumulado por órgano y por año.</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 16. Contenido de peso seco por órgano y por año.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 17. Cantidad de carbono fijado por órgano y total en un bosque natural.....</i>	<i>54</i>

Lista de figuras

<i>Figura 1. Localización de la cuenca del río Guarapas</i> _____	10
<i>Figura 2. Red de drenajes y forma de la cuenca.</i> _____	13
<i>Figura 3. Partes de la guadua</i> _____	15
<i>Figura 4. Rodal de guadua sobre la cuenca hidrográfica del Río Guarapas.</i> _____	16
<i>Figura 5. Brote de guadua</i> _____	20
<i>Figura 6. Georreferenciación de los puntos de muestreo</i> _____	33
<i>Figura 7. Contenido de humedad por componentes.</i> _____	36
<i>Figura 8. Comparación contenido de humedad</i> _____	37
<i>Figura 9. Contenido de humedad por componente por rutas</i> _____	38
<i>Figura 10. Contenido de humedad por rutas.</i> _____	39
<i>Figura 11. Porcentaje de biomasa por componentes.</i> _____	42
<i>Figura 12. Comparación del porcentaje de biomasa por órganos</i> _____	43
<i>Figura 13. Porcentaje de biomasa por rutas.</i> _____	44
<i>Figura 14. Volumen promedio de biomasa por componente.</i> _____	47
<i>Figura 15. Volumen promedio de biomasa por rutas.</i> _____	48
<i>Figura 16. Volumen de biomasa por componente por ruta.</i> _____	49
<i>Figura 17. Promedio de biomasa seca por hectárea por componente</i> _____	51
<i>Figura 18. Biomasa por ruta Ton/ha.</i> _____	52
<i>Figura 19. Comparación de biomasa seca por órganos</i> _____	55

Introducción

La guadua técnicamente es un bambú leñoso o más comúnmente es considerada un pasto gigante, taxonómicamente pertenece a la familia de Poaceae o Gramineae y del cual existen realmente en el mundo cerca de 1400 especies, 435 de ellas nativas de América (Bambú, 2015). De éstas aproximadamente 20 conforman las especies prioritarias de bambú y dentro de ellas Colombia tiene una que posee las mejores propiedades físico-mecánicas del mundo y extraordinaria durabilidad: La *Guadua angustifolia*; la cual es endémica de América y se considera como nativa de Colombia, Venezuela y Ecuador. También ha sido introducida a México y varios países centroamericanos. Esta especie cuenta con culmos erectos que alcanzan alturas hasta de 25 metros y diámetros entre 10 y 25 cm., sus entrenudos tienen paredes hasta de 2 cm. de espesor (Teneche, S.f.)

Es claro afirmar, que a nivel local la guadua cobra una gran importancia ambiental debido a que en el municipio de Pitalito Huila se encuentra una extensión de 347,9 has en guadua (Montealegre, 2014), además, se encuentra ubicado en la puerta de entrada del macizo colombiano, donde nace el Río Magdalena, el cual es el afluente del cual dependemos más de 32 millones de colombianos y atraviesa 13 departamentos, 128 municipios, y su recorrido es de más de 1.528 kilómetros a nivel nacional, lo cual es muy sobresaliente por los innumerables beneficios ambientales, económicos y sociales que esta especie vegetal puede aportar; dentro de ellos cabe mencionar que tiene la ventaja de reproducirse permanentemente convirtiéndose en un

recurso altamente renovable. Así mismo, evita la movilización de tierra y conserva eficientemente los suelos, de allí que su siembra resulte ideal en áreas propensas a deslizamientos, derrumbes y erosión, sin contar su gran capacidad para el almacenamiento de agua (Ecohabitar, 2015).

En su defecto la guadua está directamente ligada al concepto de sostenibilidad en la medida que dichos procesos pueden ser más sencillos, económicos y con productos muy competitivos. El concepto actual de durabilidad se consigue a costa de un alto consumo de energía, una cantidad exagerada de materia prima y de ineficientes procesos de fabricación. Afortunadamente la guadua tiene fibras naturales muy fuertes que permiten desarrollar productos industrializados, tales como aglomerados, laminados, pisos, paneles, esteras, pulpa y papel (Bárbaro, 2007; Herrera, 2008; Camargo et al., 2010b), es decir, productos de alta calidad que se podrían ofrecer en el mercado nacional o internacional, compitiendo con el plástico, hierro y concreto, sin mencionar la gran contribución a la capacidad de fijación de CO₂, lo cual genera un aporte al control del cambio climático, el cual es un flagelo que notoriamente se presenta y aqueja negativamente al mundo.

Es por ello, que el presente proyecto de investigación tiene como objetivo la cuantificación de la biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la *Guadua angustifolia* Kunth en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila, el cual va proyectado a la cuantificación de biomasa aérea utilizando ecuaciones alométricas y estimación de carbono orgánico en guaduales, el cual se encuentra liderado por el Ingeniero Agroforestal Gustavo Adolfo Ramírez Córdoba, de la escuela ECAPMA del CCAV de la UNAD de Pitalito Huila.

Planteamiento del problema

¿Cuánta biomasa aporta la *Guadua angustifolia* Kunth ubicada en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito?

El cambio climático generado por las actividades antrópicas es una problemática que conlleva consigo cambios severos en la distribución de parámetros meteorológicos y climáticos del planeta; esto genera problemas como el derretimiento de los polos, el aumento del nivel del mar, cambio de temperaturas en diferentes zonas a nivel mundial, aumento en las actividades sísmicas, variabilidad climática severa, entre otras (Cambio climático.org, S.f.).

La comunidad científica ha realizado avances entorno a buscar soluciones para estos problemas, algunos de estos avances son los compromisos asumidos por algunos gobiernos en el Protocolo de Kyoto (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, S.f.), Río+20 (Naciones Unidas, 2012), y la inclusión de objetivos del milenio destinados a la protección de recursos naturales y del medio ambiente (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2015).

Dentro de los compromisos y medidas a tomar para mitigar los efectos del cambio climático se busca la reducción de emisiones de carbono y el estudio de especie vegetales que aporten a la adaptación y control del cambio climático, principalmente a la fijación de carbono y la conservación y promoción del uso sostenible de los recursos naturales.

Sin embargo, no se han realizado estudios suficientes y adecuados para conocer la capacidad, de forma cuantificable, sobre el aporte de las especies vegetales al control y mitigación del cambio climático, la capacidad de captura y fijación de carbono, y conservación de recursos naturales.

La cuantificación de la biomasa de la *Guadua angustifolia* Kunth no solo es importante porque permitirá avanzar hacia el conocimiento de la capacidad de fijación de carbono; sino que, además, brindará información sobre el potencial de contribución de esta especie vegetal en la protección del recurso hídrico y del suelo.

Objetivos

Objetivo general

Cuantificar la biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la *Guadua angustifolia* Kunth en la Cuenca Hidrográfica del Río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila.

Objetivos específicos

- Identificar las zonas de estudio de los individuos potenciales para el muestreo de biomasa aérea en los rodales seleccionados.
- Obtener las medidas dasométricas de las guaduas seleccionadas. (DAP, Longitud, Circunferencia, Altura comercial, Altura de fuste, espesor de madera) y recolección de muestra húmeda de biomasa aérea de la guadua.
- Analizar y estimar la biomasa aérea recolectada de los individuos seleccionados.

Justificación

Este proyecto es base para el proyecto de cuantificar la biomasa aérea utilizando ecuaciones alométricas para la *Guadua angustifolia* Kunth en el municipio de Pitalito - Huila, proyecto PIE, y como aporte a la cuantificación de captura de carbono orgánico en guaduales que está liderando el Ingeniero Agroforestal Gustavo Adolfo Ramírez Córdoba, de la escuela ECAPMA del CCAV de la UNAD de Pitalito Huila

En la actualidad los esfuerzos están puestos a mitigar el impacto ambiental negativo en el cual se involucra el calentamiento global que durante años ha venido ocasionando problemas a la población mundial, la cumbre de Estocolmo en 1972 muestran un nuevo interés por el medio ambiente, igual la cumbre de Río de Janeiro en 1992 y el protocolo de Kioto en el año 1997 los cuales proporcionaron resultados a acuerdos medioambientales, proponiendo metas y obligaciones en cuanto a reducción de la emisión de Gases de efecto invernadero.

A nivel nacional, el Gobierno de Colombia, liderado por el Presidente Juan Manuel Santos, en el 2015, anunció su compromiso de reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030, presentando oportunidades de mitigación en diferentes sectores, principalmente agropecuario y energético. Dentro de esas opciones para el sector agropecuario, aparecen opciones como reducción de la deforestación, plantaciones comerciales y sistemas agroforestales, restauración ecológica y sistemas agroforestales con alto potencial de

captura de carbono (MINAMBIENTE, 2015), opciones de mitigación a las que se aportaría en cierta medida con el desarrollo del presente proyecto.

A nivel regional, el departamento del Huila ha desarrollado el Plan Huila 2050, donde se incluyen medidas de control y adaptación al cambio climático tomando en cuenta la situación actual de todas las zonas del departamento. Este plan busca aprovechar los recursos existentes de manera costo-eficiente y generar opciones competitivas para el departamento, con el fin de construir un departamento más próspero, asegurando el manejo de la riqueza hídrica a largo plazo y una producción más sostenible de las tierras, además de la adaptación de los productos cultivables a las condiciones climáticas del futuro (Huila, 2014).

A nivel local, el municipio de Pitalito ha adoptado una medida denominada como Ruta de cambio Pitalito 2030, dentro de la cual se mencionan diversos objetivos y estrategias destinadas a realizar acciones de adaptación del cambio climático y reducción de emisiones, considerando que la principal actividad generadora de GEI es la agropecuaria, la cual es la principal actividad productiva del municipio (Alcaldía de Pitalito, 2015b). En torno a esto, el presente proyecto aportaría al Plan Huila 2050 y a la Ruta de Cambio Pitalito 2030, tomando en cuenta que los servicios ecosistémicos de la *Guadua angustifolia* Kunth, y la presencia abundante de la misma en el departamento y en el municipio, la convierten en una pieza clave para la adaptación al cambio climático.

El aumento de la temperatura del planeta o cambio climático global y la influencia de los bosques naturales (González et al., 2008) y artificiales (IPCC, 2007) como reguladores de este han sido temas ampliamente discutidos y documentados. La mayor atención se centra en los árboles, principalmente en los trópicos, pero recientemente están tomando auge las gramíneas leñosas, entre ellas varias especies de bambú (*Dendrocalamus latiflorus* (Munro) var. *latiflorus*

(Lin), *Guadua angustifolia* (Kunth), *Guadua aculeata* (Rupr. ex E. Fourn), *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens* (J. Houz), entre otras). La *Guadua angustifolia* Kunth, brinda unos excelentes servicios ambientales en los cuales reconocemos como un gran retenedor y regulador de agua y fuentes hídricas, protección de suelos, biodiversidad, microclimas, disminución de erosión, entre otros, que lo convierten en una opción factible para programas de adaptación al cambio climático.

A pesar de la importancia que tiene el bambú en la mitigación y adaptación al cambio climático, la información es escasa y se genera en otras latitudes, lo cual motiva el estudio de estas especies en Colombia y en la parte alta del río Magdalena, el departamento del Huila.

El objetivo del presente proyecto es estimar la cantidad de biomasa aérea de la *Guadua angustifolia* Kunth en las condiciones que presenta el municipio de Pitalito Huila, y establecer una base para la cuantificación de biomasa y la determinación del carbono almacenado por esta especie.

El desarrollo de esta investigación impulsará a su vez el desarrollo de diversas investigaciones de este tipo con otras especies forestales, además de brindar información técnica para establecer un sistema de producción, aprovechamiento, fabricación y comercialización de guadua y productos derivados.

Así mismo, basado en las prácticas de manejo eficiente y aprovechamiento sostenibles, mejoradas actualmente ofrecen un gran potencial para incrementar a las comunidades la oferta de bienes y servicios ambientales y sus estrategias de medios de vida.

Marco teórico

El río Guarapas nace sobre el macizo colombiano, en el cerro “Picos de la Fragua”, en el Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos, primer parque natural de Colombia (declaratoria realizada en el año 1960), desemboca en el río Magdalena, en el municipio de Pitalito, a 1200 metros sobre el nivel del mar, tras un recorrido de 40 Km. En su recorrido, se nutre de múltiples afluentes y suministra el agua a los municipios de Palestina y Pitalito, que en su conjunto cuentan con una población estimada de ciento cincuenta mil habitantes.

(Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, S.f.)

La cuenca hidrográfica del Río Guarapas, cuenta con un área de 70.567 hectáreas, con jurisdicción de los municipios de Pitalito y Palestina, además cuenta con un área de influencia que abarca áreas protegidas, como el Parque Nacional Natural Serranía de los Churumbelos Auka Wasi, Parque Natural Regional Corredor Biológico Guacharos - Puracé y los Parques Naturales Municipales de Palestina y Pitalito (CAM, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, 2009).



Figura 1. Localización de la cuenca del río Guarapas
 Fuente: CAM, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2009).

La cuenca hidrográfica del río Guarapas presenta las siguientes condiciones, según (CAM, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2009):

- Temperatura media: De 20,2 °C y régimen monomodal, donde el periodo de mayores temperaturas está comprendido entre los meses de octubre a mayo, siendo febrero el de mayor temperatura media con 32,5°C. El periodo de menores temperaturas es el comprendido entre los meses de junio a septiembre, donde la menor temperatura media es de 20,3 °C, correspondiente al mes de octubre.

- Humedad relativa: Esta variable presenta un régimen monomodal, donde el periodo de mayor humedad se comprende entre los meses de abril a agosto, siendo julio el mes que registra la humedad relativa media más alta con 84%.
- Nubosidad: La nubosidad en la estación, registra valores de nubosidad alrededor de 6 octas, durante todo el año.
- Evaporación: Evaporación media de 90,4 mm. La mayor evaporación total mensual se presenta en el mes de enero con un valor de 103 mm. La menor evaporación se presenta en el mes de junio con 76 mm. La evaporación total media multianual en la estación es de 1084,5 mm.
- Brillo y radiación solar: valor medio de brillo solar de 120,9 horas. El mayor valor de brillo solar se presenta en el mes de diciembre con un total de 143,7 horas, mientras que el mes con menor número de horas de sol es marzo con 100 horas.
- Precipitación: La precipitación media anual de 1716,85 mm/año.
- Evapotranspiración potencial anual: 3,31 mm/día o 1208 mm/año.
- Geología: Se encuentran expuestas grupos de rocas que van desde el paleozoico hasta el reciente, con características geológicas muy variadas; rocas ígneas, metamórficas, vulcano sedimentarias y rocas sedimentarias.
- Geomorfología: Geomorfológicamente el área muestra dos grandes unidades una zona de montaña de origen denudacional con relieve moderado hasta abrupto y patrón de disección de moderado alto y una zona de origen agradacional con relieve plano a casi plano de bajas pendientes.

- Área de la cuenca. La cuenca del río Guarapas cuenta con un área de 705,67 km², con lo cual se podría clasificar de acuerdo con el tamaño relativo como una cuenca de orden 6, a continuación se presenta las principales características de la cuenca:
- Perímetro. El perímetro de la cuenca corresponde a la longitud que encierra la extensión definida por la divisoria de aguas principal. El perímetro de la cuenca es de 153,9 km.
- Longitud de la cuenca. Es la longitud de una línea recta con dirección “paralela” al cauce principal. La cuenca del río Guarapas tiene una longitud de 40 km.
- Ancho de la cuenca. Es la longitud en el sentido ortogonal al eje del cauce principal. La cuenca del río Guarapas tiene un ancho de 21,2 km.
- Ancho medio de la cuenca. Es la longitud resultante de dividir el área de la cuenca por su longitud. Para la cuenca del río Guarapas se tiene un ancho medio de 17,6 km.
- Forma de la cuenca. Tiene una forma rectangular - ovalonga poco susceptible a crecientes teniendo tiempos de concentración relativamente altos.
- Índice de alargamiento (Ia). La cuenca es moderadamente alargada.
- Análisis del relieve: La cuenca del río Guarapas presenta en la su parte alta pendientes altas, mientras que en la parte media y baja de la cuenca se observa una pendiente media y casi uniforme. De acuerdo con esto y sin incluir análisis de estado actual de la cobertura del territorio en la cuenca, es de esperar un potencial erosivo relativamente alto.
- Altura media de la cuenca: 1716,85 msnm.
- Pendiente media de la cuenca: 12,09%, siendo esta una pendiente alta.

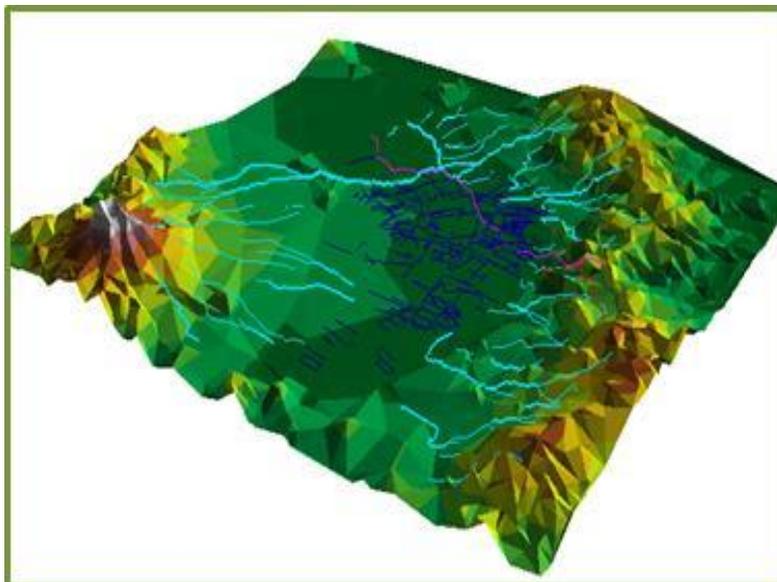


Figura 2. Red de drenajes y forma de la cuenca.

Fuente: CAM, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2009).

- Longitud del cauce principal: La cuenca del río Guarapas tiene una longitud de 71.4 km con su nacimiento en la parte alta la vereda La Guajira en el municipio de Palestina y desemboca en la parte baja en la vereda Chillurco en el municipio de Pitalito. POMCH río Guarapas, 2009.

Pitalito es el centro de desarrollo del sur de Colombia, debido a su ubicación geoestratégica: a 130 Km de Mocoa, capital del departamento del Putumayo y puerta de entrada a la Amazonia y a la República del Ecuador; a 145 Km de Florencia, capital del Departamento del Caquetá y puerta de entrada a la Amazonia; a 225 Km de la ciudad de Popayán, capital del Departamento del Cauca y puerta de entrada al Océano Pacífico; a 180 Km de ciudad de Neiva, capital del Departamento del Huila y a 500 km de Bogotá, capital de la república de Colombia (Alcaldía de Pitalito, 2015a).

La *Guadua angustifolia* Kunth, es una de las especies de Bambú más resistentes, llamado como el acero vegetal, por sus cualidades en el momento de utilizarse bien sea en artesanías

menores como en grandes construcciones arquitectónicas, no obstante brinda unos excelentes servicios ambientales en los cuales reconocemos como un gran retenedor y regulador de agua y fuentes hídricas, protección de suelos, biodiversidad, microclimas, entre otros.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la *Guadua angustifolia* Kunth

LA GUADUA	
Nombre Científico	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth
Reino	Vegetal
División	Espermatofitas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Glumiflorales
Familia	Gramíneas
Tribu	<i>Bambuseae verae</i>
Genero	<i>Guadua</i>
Subgénero	<i>Bambusa</i>
Especie	<i>Guadua angustifolia</i>
Formas	Guadua Castilla
	Guadua Macana
	Guadua Cebolla
Variedades	Guadua Bicolor Verde rayada y amarilla
	Guadua Negra El gen determinante no se ha adquirido totalmente

Fuente: González, y Díaz (2003). Adaptado por Méndez (2014)

Tabla 2. Variables climatológicas óptimas de estación para la *guadua*

Hábitat	De 0 a 2200 m de altitud sobre el nivel del mar	
Precipitación	Superior a 1200 mm/año	
Humedad Relativa	75 % - 85 %	
Condiciones de desarrollo óptimo	Altitud	900 – 1600 msnm
	Precipitación	2000 – 2500 mm/año
	Temperatura	20 °C – 26 °C

Fuente: González, y Díaz (2003). Adaptado por Méndez (2014)

Evidentemente, la guadua aporta múltiples beneficios en pro del medio ambiente pero dentro de los aportes valiosos cabe mencionar su comportamiento la cual es una bomba de almacenamiento de agua cuyo funcionamiento es el principio de vasos comunicantes, donde en épocas húmedas absorbe importantes volúmenes de agua que almacena en las cavidades porosas del suelo.

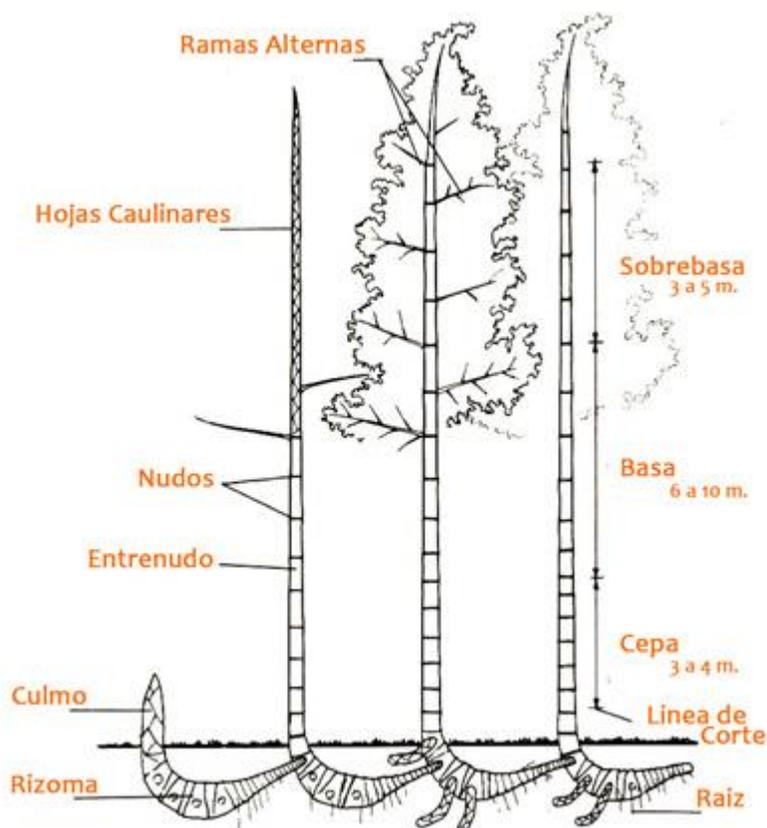


Figura 3. Partes de la guadua
Fuente: (Bambusa.es, S.f.)

En su sistema rizomático y en los entre nudos del tallo, se ha determinado que una hectárea de guadua puede almacenar hasta 30.000 litros de agua para abastecer a un promedio de 150 personas por día (Herrera, 2008). Es por ello que, la guadua se presenta como un recurso natural renovable y sostenible valioso, que brinda diversos beneficios para su sustitución como fuente de madera, y su crecimiento y producción es relativamente rápido, alcanzando su altura y

grosor máximo en un tiempo de 6 meses, y en un tiempo de 6 años muestra una edad y unas características aptas para su aprovechamiento, lo que permite el crecimiento de un nuevo rebrote sin la necesidad de sembrar, debido a su capacidad de auto-reproducción, lo que origina que la inversión necesaria para un cultivo de esta especie es relativamente bajo frente a otras especies, y sus usos son muy variados. (Ríos, S.f.).

Además de lo anterior, los guaduales presentan una gran capacidad de albergue de fauna y de biodiversidad, debido a sus características y la flora asociada, como lo describe (Overblog, 2011), donde un estudio realizado en guaduales ubicados en el Centro Nacional para el Estudio del Bambú-Gadua de la Corporación Autónoma Regional del Quindío constató la presencia de diversas clases de insectos, mamíferos, aves, reptiles y anfibios.



*Figura 4. Rodal de guadua sobre la cuenca hidrográfica del Río Guarapas.
Fuente: Elaboración propia*

La *Guadua angustifolia* Kunth se encuentra distribuida a lo largo de la cordillera central y zona céntrica del país, se calcula que existen cerca de 56000 ha de guaduales, en su gran mayoría en forma de bosques naturales. No obstante, (Castaño, 2004), muestran que las áreas naturales y

plantadas alcanzan 36181 ha, de las cuales 31286, están en el eje cafetero, Tolima y Valle del Cauca.

La información sobre producción de guadua en otros departamentos es fragmentada. Según (Castaño, 2004): Antioquia, Huila, Putumayo, Caquetá, Cundinamarca, Cauca y Nariño presentan importantes cubiertas boscosas de guadua, las cuales no disponen de registros de información. En cuanto a Cundinamarca, la URPA, señala la existencia de 1695 ha y en el Huila, estiman un área actual de 3500 ha.

Según (Camargo, 2010b), la *Guadua angustifolia* Kunth aporta en promedio, por individuo, una cantidad de 4,5kg de biomasa a sus 7 años, de la cual el 74,6% se encuentra localizada en la biomasa aérea, correspondiente a las hojas, ramas y culmo, y puede aportar desde el 80,1% (Riaño, Londoño, López, & Gómez, 2002) hasta el 83% (Camargo, 2010b) del total de la capacidad de fijación de carbono de la guadua.

El ordenamiento forestal sostenible productivo de la guadua, responde al reto de incrementar el capital social fortaleciendo la capacidad de los actores para la cooperación y el establecimiento de alianzas; de contar con mecanismos para la participación, para la acción, la definición y orientación de políticas nacionales, departamentales y municipales, y para la solución de conflictos (Montealegre, 2014).

Como complemento a lo anterior, y tendiendo a la conformación de la cadena productiva de la guadua en la zona sur de Colombia, se podrán encaminar esfuerzos de los actores públicos y privados en la resolución de los problemas que afectan a la competitividad de los negocios y de generar capacidad de construcción de región, al objeto de alcanzar economías de escala que posibiliten o permitan penetrar y negociar con mercados nacionales e internacionales (Montealegre, 2014).

El cambio climático es la situación más preocupante en los últimos años, debido a que está causando el derretimiento de los polos, el aumento del nivel del mar, cambio de temperaturas en diferentes zonas a nivel mundial, aumento en las actividades sísmicas, entre otras consecuencias (Cambio climático.org, S.f.).

Esto ha causado que se creen diferentes métodos y alternativas, como el Protocolo de Kyoto (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, S.f.), Río+20 (Naciones Unidas, 2012), y la inclusión de objetivos del milenio destinados a la protección de recursos naturales y del medio ambiente (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2015).

Con respecto a esto, la producción y desarrollo de la guadua presenta una posible alternativa para contribuir al control del cambio climático, ya que diversos estudios, como “Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica” (González & Vargas, 2015) o “Posibilidades de la guadua para la mitigación del cambio climático” (Arango, 2011), demuestran que la guadua presenta características de captación de Dióxido de Carbono excepcionales, y su almacenamiento puede durar hasta por 80 años, además de que presenta una gran resistencia al fuego, debido a su ácido sílico, y retiene el agua y los nutrientes para utilizarlos en épocas de escases.

Tomando en cuenta que, en Colombia, los guaduales se presentan principalmente en riberas de los ríos, esto logra que la guadua cumpla un papel excepcional como protector de las cuencas hidrográficas en la que está presente, ya que aporta, por medio de su biomasa, a mejorar la textura y estructura del suelo, a acumular agua y liberarla en épocas de escases, y a la protección y sostenibilidad de flora y fauna asociadas a esta especie (Agroempresarial S.A., 2012).

Las especies de bambú tienen un potencial muy alto en proyectos de adaptación al cambio climático, su sistema radical y la cantidad de hojarasca que se acumula en el sotobosque contribuyen a disminuir la erosión y mantener la humedad por más tiempo (Camargo et al., 2010a), disminuyendo la erosión y reteniendo nutrientes hasta quince veces más que las coberturas compuestas por pasturas (Chará et al., 2010).

Tienen la capacidad de almacenar agua en los entrenudos durante la época de más precipitación y la libera en la seca (Herrera, 2008). Cuando se cortan los culmos, se observa agua hasta diez metros de altura, característica que la hace propicia para proyectos de protección y conservación del recurso hídrico, fundamentales en actividades de adaptación al cambio climático.

El bambú guadua es una alternativa real como sustituto de la madera, de él se pueden obtener industrialmente diferentes productos como laminados, aglomerados, columnas, vigas, viguetas, cuarterones, tablas, paneles y variedad de productos como artesanías, compostaje, forraje, medicina, carbón, pulpa y energía (Bárbaro, 2007; Herrera, 2008; Camargo et al., 2010b).

Además de que, gracias a su gran velocidad en crecimiento y maduración, permite extraer de 3 a 5 veces más materia prima por hectárea que cualquier especie forestal (Bárbaro, 2007). También es un importante refugio para la biodiversidad, pues se han reconocido más de cuatrocientas especies leñosas que se han identificado en los Guadales (Camargo et al., 2010b). Es así que la industrialización de la guadua se encuentra ligada al concepto de sostenibilidad en la medida en que dichos procesos puedan ser más sencillos, económicos y con productos muy competitivos.



Figura 5. Brote de guadua
Fuente: Elaboración propia

Con relación al concepto actual de durabilidad se consigue a un alto coste de energía, una cantidad exagerada de materia prima, y de ineficientes procesos de fabricación. La guadua presenta excelentes cualidades y características que le permiten ser utilizada de muchas formas, como materia prima para procesos de industrialización, como material para construcción, como material para diferentes artículos, entre otros (Ecohabitar, 2015)

En China, el país más desarrollado a nivel mundial en la producción y utilización del bambú, este es utilizado para diversas cosas y de distintas maneras, es básicamente el compuesto base de todo lo que hay en ese país, ya que han sabido desarrollar sus recursos, protegerlos e incrementarlos a tal medida que volvieron al bambú una forma de sustento y desarrollo social y económico. En este país existen industrias dedicadas a la fabricación de diversos artículos hechos principalmente de bambú, como pisos, lámparas, comida, ropa, muebles, entre otros, lo que

brinda oportunidades laborales y un desarrollo económico a pequeña (individual) y gran (nacional) escala (Hsiung, S.f.).

En Colombia, la guadua es utilizada principalmente para construcción. Muchos de los habitantes del área rural que poseen cultivos de guadua se benefician de estos para construir viviendas, aprovechando su admisible manejo y resistencia. También es utilizado para la construcción de modernas estructuras, como iglesias, y para la creación de diversos artículos, como manillas, collares, lapiceras, instrumentos musicales, entre otros que no necesitan de un proceso industrial para su fabricación (Ecohabitar, 2015)

Sin embargo, Colombia no ha desarrollado la maquinaria, legislación y procesos necesarios para un apto aprovechamiento y producción de la guadua, que podría brindar una gran alternativa para el gran porcentaje de desempleo y crisis económica que se presenta actualmente.

Aunque en los últimos años se ha incrementado la exportación de guadua, aún falta para que su aprovechamiento se dé en un contexto nacional o regional. Además de lo anterior, la *Guadua angustifolia* Kunth presenta diversas cualidades que le permitirían entrar dentro de los mecanismos de desarrollo limpio y los mercados de carbono, por su alta y constante fijación de carbono en su biomasa (Ríos, S.f.).

El grupo de investigación del macizo Colombiano INYUMACIZO (INYUMACIZO, 2012) y el semillero de investigación del macizo Colombiano SIMAC han priorizado, dentro de su plan de acción, avanzar en el estudio de la especie natural de flora silvestre Guadua, desde lo local y a lo largo de su proceso de crecimiento ha desarrollado investigaciones tendientes a ese objetivo.

Dentro de las investigaciones, se resaltan trabajos de grado de pregrado, especializaciones, maestrías y doctorados, entre ellos: “Diagnóstico de guaduales y propuesta de

un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua (*Guadua angustifolia Benth*), con participación comunitaria en la Cuenca hidrográfica del río Guarapas, zona sur del departamento del Huila, Colombia”, trabajo de grado de doctorado de la ingeniera Nelly María Méndez Pedroza (2014) y “Caracterización social y productiva de la guadua en la cuenca del río Guarapas, sur del departamento del Huila” (Méndez, 2012).

Otros trabajos realizados a nivel local y que servirán de aporte para la presente investigación son la Formulación Plan prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la Guadua en la cuenca del río Guarapas Huila Colombia (Montealegre, 2014); Formulación Plan prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la guadua en la zona sur del Huila Colombia (Cuellar B. Adelaida, Montealegre T. William, Méndez P. Nelly M. 2016), Innovación y creación de lateadora de Guadua, en trámite de patente, y se desarrolla el proyecto “Ensayo de adaptabilidad de seis variedades de la especie bambú guadua en bosque húmedo premontano, cuenca hidrográfica río Guarapas, predio Marengo municipio Pitalito Huila”; entre otros.

Se cuenta con la caracterización de los guaduales en la zona sur del Huila – nueve municipios – (Montealegre, 2014) y se avanza hacia consolidar la información de la huella de carbono. Un elemento necesario es cuantificar la biomasa y establecer la captura de CO₂ de la *Guadua angustifolia* Kunth en esta región.

Metodología

Tipo de estudio

La investigación es de tipo cuantitativa porque se va a estimar la biomasa aérea utilizando medidas dasométricas para la *Guadua angustifolia* Kunth en la cuenca del río Guarapas del municipio de Pitalito Huila.

Métodos de investigación

La metodología investigadora del presente trabajo se fundamenta en la aplicación del método inductivo y del método deductivo.

A. *Método inductivo*: Permite partir de la observación de fenómenos o situaciones particulares que enmarcan el problema de investigación y concluir proposiciones y a su vez, premisas que expliquen fenómenos similares al analizado.

Los resultados así obtenidos pueden ser la base teórica sobre la cual se fundamenten observaciones, descripciones y explicaciones posteriores de realidades con rasgos y

características semejantes a la investigada para los demás consumidores. (Méndez Álvarez, 2005).

B. *Método deductivo*: Este método parte de lo general y llega a lo específico empleándose después del método inductivo, al cual está íntimamente unido, por lo que ambas metodologías constituyen dos fases de un mismo proceso.

Enfoque investigativo

El enfoque investigativo que se aplicará en el desarrollo metodológico de la presente investigación es el de la observación cuantitativa, pues se utiliza medición de variables en un proceso probatorio.

Fuentes y técnicas para recolección de información

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizarán planillas para la recolección de la información de los predios y de las guaduas seleccionadas (Anexo 2), y se utilizarán rótulos para el empacado de las muestras húmedas recolectadas en campo (Anexo 1), además, se cuenta con información proveniente de fuentes primarias como el estudio de la caracterización de los guaduales de las cuencas hidrográficas de los ríos Guachicos y Guarapas del municipio de

Pitalito Huila (Montealegre, 2014) que permitirán obtener las zonas de estudio de la investigación y fuentes secundarias como inventarios forestales y documentos de interés que permitirán realizar una investigación acorde a los modelos y métodos utilizados para el trabajo de campo.

El trabajo de investigación también cuenta con el apoyo del Grupo de Investigación del Macizo Colombiano INYUMACIZO, quien lleva años en la investigación de los guaduales de la Zona Sur del Departamento del Huila en Colombia.

Área de estudio

El área del proyecto es el municipio de Pitalito Huila, sobre la cuenca del río Guarapas, cuenta con 7 corregimientos, y 120 veredas, con alturas sobre el nivel del mar desde 1000 metros hasta 2200 metros, y presenta una extensión aproximada de 347,9 has de guadua, con una densidad promedio de 5466 guaduas/ha según (Montealegre, 2014).

Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizará basado en el método destructivo, que consiste en el aprovechamiento de los individuos para tomar muestras húmedas (Mónaco, Rosa, Santa, Autrán, & Heguiabehere, 2015), y se desarrollará por medio de las siguientes fases:

Muestra. Se ha definido la cuenca del río Guarapas del municipio de Pitalito Huila como población, con siete corregimientos. Se seleccionarán 120 rodales de guadua ubicados en diferentes zonas, que abarquen toda la cuenca del río Guarapas. En cada rodal de guadua se seleccionarán tres guaduas con los que se realizará el trabajo de campo, con previa autorización del propietario del predio donde se encuentra el rodal de guadua, y autorización de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM.

Marcación de guaduas: Las guaduas a utilizarse como muestra serán seleccionados al azar, tomando en cuenta que su ubicación sea en diferentes puntos del rodal, con el fin de que brinden información suficiente sobre la totalidad del rodal al que pertenece, realizando georreferenciación de los mismos, de manera puntual dentro del área geográfica del rodal.

Corte: Las guaduas seleccionadas para el muestreo serán cortadas en el primer o segundo entrenudo, sin dejar depósitos de agua que puedan afectar la regeneración de su rizoma, y posteriormente se realizarán medidas dasométricas y se dividirán en tres compartimientos con el fin de realizar mediciones de canutos, las cuales son altura y circunferencia en diez repeticiones por guadua, y al igual la densidad de madera cumpliendo una óptima medición de variables, las cuales hacen parte del método destructivo. Luego se toma 1kg de muestras de biomasa húmeda, de la siguiente manera: 400gr de madera, 300gr de hojas y 300gr de ramas.

Secado: Las muestras recolectadas serán introducidas a un horno, previamente pesadas, donde se le realizará un secado a temperatura de 50°C Durante un tiempo de 48 horas continuas. Por medio de esto, se determinará el contenido de humedad, lo que permitirá determinar la cantidad de biomasa de la *Guadua angustifolia* Kunth. Anteriormente, se ha utilizado una temperatura de 60°C a 48 horas continuas (Camargo et al., 2010b), sin embargo, para el presente proyecto se utilizará un equipo de secado, denominado silo el cual técnicamente se utiliza para el proceso de secado de café, en su defecto se optó la utilización debido a que es un equipo eficiente el cual optimiza el proceso de retiro de húmeda de las muestras, ya que funciona por medio de una ráfaga de aire con la agregación de cisco subproducto del café y energía eléctrica lo cual proporciona calor y agiliza eficientemente la liberación y evaporación de humedad.

Análisis y estimación de biomasa

Luego del trabajo en campo, se realizará un análisis y estimación de biomasa aérea, utilizando los resultados obtenidos en los procesos de corte y secado, obteniendo las variables utilizadas en los cálculos, por medio de estas ecuaciones:

- a) Peso Fresco (Pf): Peso Húmedo encontrado en campo.
- b) Peso Inicial (Pi): Peso de la muestra o submuestra antes del proceso de secado.
- c) Peso Seco (Ps): Peso hallado después del proceso de secado.
- d) A partir de estas tres variables es posible calcular el contenido de humedad en cada una de las muestras así:

$$\text{C.H.: } \frac{P_i \text{ (gr)} - P_s \text{ (gr)}}{P_i \text{ (gr)}}$$

Fuente: Arias, Camargo & Dossman, citado en (Camargo, 2010b)

Y luego la biomasa se determina con la siguiente fórmula

$$\text{B: } P_f - (P_f * \text{C.H.})$$

Fuente: Arias, Camargo & Dossman, citado en (Camargo, 2010b)

Para determinar el porcentaje de biomasa de cada componente (madera, ramas, hojas) se utilizó la siguiente fórmula:

$$B_{\%}: \frac{P_f}{B} * 100$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde $B_{\%}$ se refiere al porcentaje de biomasa, P_f al peso húmedo recolectado en campo, y B a la cantidad de biomasa determinada en el punto anterior.

Luego se determinó el porcentaje promedio de biomasa por componente para cada predio, sumando los tres resultados de porcentaje de biomasa de cada componente para cada muestra recolectada, y dividida entre tres.

A continuación, se determinó el volumen de biomasa de la madera o canuto de cada muestra de cada rodal, para lo cual se utilizó el siguiente procedimiento:

Inicialmente, se obtuvo un promedio de circunferencia de cada sección de cada muestra, es decir, se sumó el valor de las circunferencias de los 3 canutos las 3 secciones en las que se dividió cada guadua, 4 canutos en el caso de la 3ra sección, y este valor se dividió en 3 para hallar el promedio de la circunferencia:

$$C_1: \frac{C_{1.1} + C_{1.2} + C_{1.3}}{3}$$

$$C_2: \frac{C_{2.1} + C_{2.2} + C_{2.3}}{3}$$

$$C_3: \frac{C_{3.1} + C_{3.2} + C_{3.3} + C_{4.3}}{4}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde C_1 hace referencia a la circunferencia promedio de la primera sección, C_2 a la circunferencia promedio de la segunda sección, y C_3 a la circunferencia promedio de la tercera sección.

Luego, se determinó el diámetro de cada sección, por medio de la siguiente fórmula:

$$D: \frac{C}{3,14159265359}$$

Donde D hace referencia al diámetro, C a la circunferencia de cada sección, y 3.14159265359 al valor de π

Con este valor se determinó el radio mayor, el cual se halla al dividir el diámetro en 2:

$$r_{mayor}: \frac{D}{2}$$

Fuente: Elaboración propia.

Luego se determinó el radio menor, correspondiente al radio de la parte interior de la guadua, para lograr hallar únicamente el área de madera de la guadua, excluyendo el área hueca.

$$r_{menor}: r_{mayor} - e_{madera}$$

Fuente: Elaboración propia.

En donde e_{madera} hace referencia al espesor de madera, el cual es una de las medidas tomadas en el trabajo de campo.

Para determinar el volumen de biomasa húmeda del canuto, se varió la ecuación general para hallar el volumen de un cilindro, la cual es:

$$V: \pi * r^2 * h$$

Sin embargo, al contar con dos radios, la ecuación utilizada fue:

$$V: \pi * ((r_{mayor}^2) - (r_{menor}^2)) * \frac{(h * 100)}{3}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde V hace referencia al volumen de biomasa húmeda de la sección, y h hace referencia a la longitud comercial de la guadua, en metros, tomada en el trabajo de campo, la cual es dividida en 3 tomando en cuenta que la guadua fue dividida en 3 secciones de longitud similar.

Al realizar este procedimiento para cada muestra de cada rodal, se halló un promedio de biomasa húmeda por cada rodal, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$V_{b.h.rodal} \frac{V_{b.h.1} + V_{b.h.2} + V_{b.h.3}}{3}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde $V_{b.h.1}$ hace referencia al volumen de biomasa húmeda de la muestra Nro. 1, $V_{b.h.2}$ hace referencia al volumen de biomasa húmeda de la muestra Nro. 2 y $V_{b.h.3}$ hace referencia al volumen de biomasa húmeda de la muestra Nro. 3

Este resultado se multiplicó por el porcentaje de biomasa de madera, hallado anteriormente, de esta forma:

$$V_{bs}: V_{b.h.rodal} * B_{\%madera}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde V_{bs} hace referencia al volumen de biomasa seca del rodal, $V_{b.h.rodal}$ al volumen de biomasa húmeda del rodal, hallado anteriormente, y $B_{\%.madera}$ al porcentaje de biomasa del componente de madera.

Según (Ríos, S.f.), en promedio, el canuto aporta 54,1% de la biomasa húmeda total de la guadua, las ramas aportan un 15,1% y las hojas un 5,83%, por lo tanto, al relacionar el 54,1% de la biomasa húmeda del canuto como un 100%, las ramas aportarían, en relación al canuto, en un 27,9%, y las hojas, en un 10,7%, por lo tanto, para hallar el volumen de biomasa húmeda de las ramas y hojas, se utilizaron las siguientes fórmulas

$$V_{Bh.r}: V_{B.h.rodal} * 0,279 \quad V_{Bh.h}: V_{B.h.rodal} * 0,107$$

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Donde $V_{Bh.r}$ Hace referencia al volumen de biomasa húmeda de ramas, $V_{Bh.h}$ hace referencia al volumen de biomasa húmeda de hojas, y $V_{B.h.rodal}$ hace referencia al volumen de biomasa húmeda de canuto por rodal. Luego, para hallar el volumen de biomasa seca de las ramas y las hojas, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$V_{bs}: V_{Bh.r} * B_{\%.ramas}$$

$$V_{bs}: V_{Bh.h} * B_{\%.hojas}$$

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Y luego se sumaron los valores de los tres volúmenes de biomasa seca (culmo, ramas y hojas) para determinar el volumen promedio de biomasa seca de una guadua en cada rodal.

Tratamiento de información

La información recolectada será sistematizada y organizada en tablas para poder obtener los datos totales de respuesta a cada una de las variables planteadas. Con el resultado de los datos se elaboran gráficos y figuras con el fin de poder presentar la información de una forma sencilla y didáctica.

Para este proyecto, por motivos de costos económicos, de permisos ambientales, y con el fin de evitar altas afectaciones a los componentes ambientales involucrados y en sí a la zona de estudio, se recurre a la técnica de muestreo, donde un sistema preestablecido de muestras es considerado idóneo para representar el universo investigado (población), con margen de error de muestreo aceptable (normalmente de +/- 10%).

De forma más sencilla, el muestreo es el proceso por el cual se obtiene información sobre un todo (población), únicamente examinando una parte del mismo (muestra). Se define muestra como un subconjunto de individuos, denominados unidades de muestreo, que presentan características comunes que identifican la población a la que pertenecen.

Resultados

En la figura 6, se muestra el mapa donde se representan los puntos en los cuales fueron tomadas las muestras.

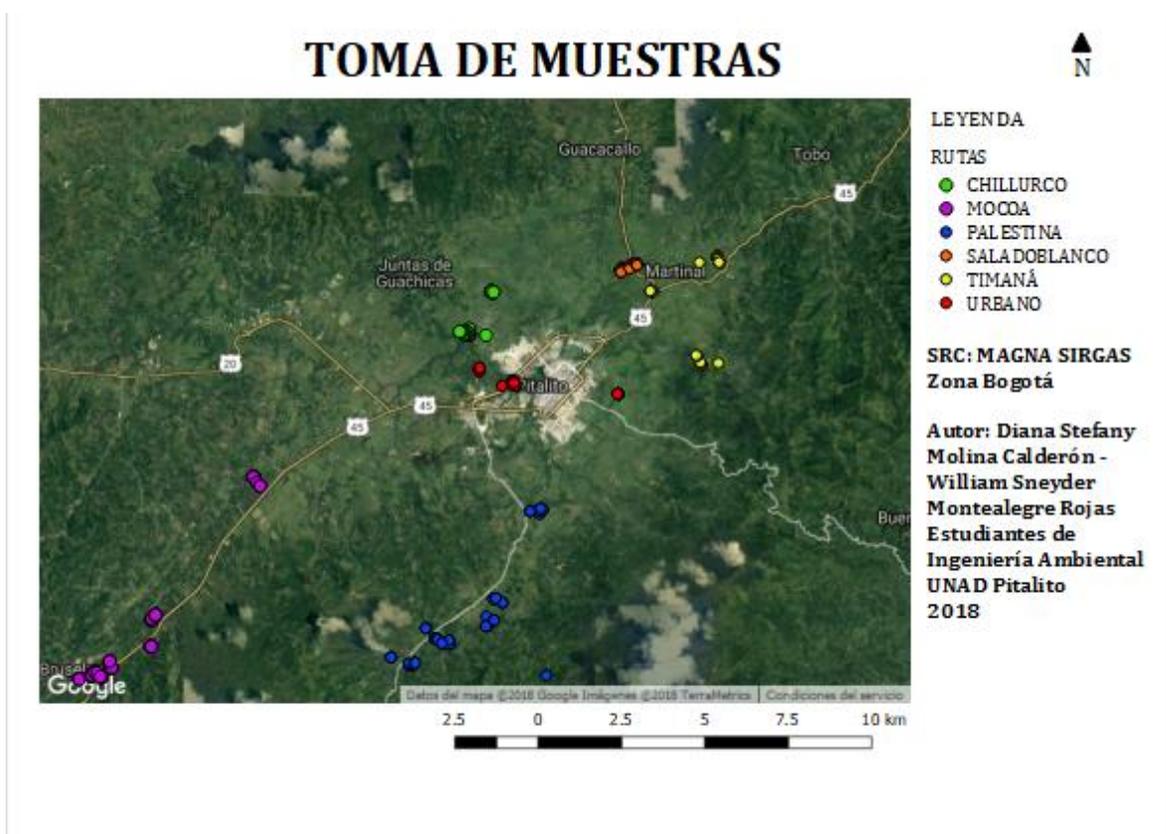


Figura 6. Georreferenciación de los puntos de muestreo
Fuente: Elaboración propia

En el anexo 1 se muestra la tabla con todas las coordenadas de los puntos de muestreo, en el Sistema de Referencias de Coordenadas MAGNA-SIRGAS Zona Bogotá (Ver anexo 1).

Tabla 3. Análisis de varianza de contenido de humedad de madera.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de humedad	360	1,9E-03	0,00	27,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	2	3,1E-03	0,34	0,7108
Muestras	0,01	2	3,1E-03	0,34	0,7108
Error	3,20	357	0,01		
Total	3,20	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Contenido de humedad	360	0,34	5,0E-03

Fuente: Elaboración propia

Para el contenido de humedad, se obtuvo un aproximado de 34% de contenido de humedad por guadua para el municipio de Pitalito, resaltando que el componente de madera, o el canuto de la guadua para el municipio de Pitalito, contiene en promedio un 34% de humedad en su biomasa, con un p-valor de 0,71, mayor a 0,05, lo que demuestra un análisis de varianza fiable, y un error estándar de 5,0 según el análisis de varianza.

Tabla 4. Análisis de varianza de contenido de humedad de ramas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de humedad	360	2,1E-03	0,00	29,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	2	2,7E-03	0,37	0,6917
Muestras	0,01	2	2,7E-03	0,37	0,6917
Error	2,58	357	0,01		
Total	2,58	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Contenido de humedad	360	0,29	4,5E-03

Fuente: Elaboración propia

El componente de ramas de la guadua para el municipio de Pitalito, contiene en promedio un 29% de humedad en su biomasa, con un p-valor de 0,69, mayor a 0,05, lo que demuestra un análisis de varianza fiable, y un error estándar de 4,5 según el análisis de varianza.

Tabla 5. Análisis de varianza de contenido de humedad de hojas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Contenido de humedad	360	1,4E-04	0,00	30,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,6E-04	2	3,3E-04	0,02	0,9760
Muestras	6,6E-04	2	3,3E-04	0,02	0,9760
Error	4,86	357	0,01		
Total	4,86	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Contenido de humedad	360	0,38	0,01

Fuente: Elaboración Propia

El componente de hojas de la guadua para el municipio de Pitalito, contiene en promedio un 38% de humedad en su biomasa, con un p-valor de 0,97, mayor a 0,05, lo que demuestra un análisis de varianza fiable, y un error estándar de 0,01 según el análisis de varianza.

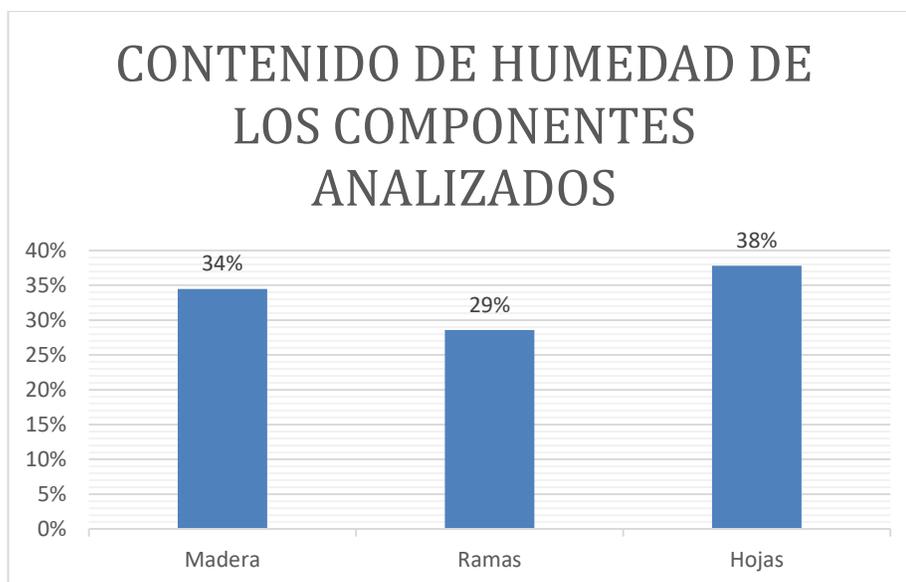


Figura 7. Contenido de humedad por componentes.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 7, se muestra la comparación entre los tres componentes respecto a su contenido de humedad, demostrando una notable diferencia entre las ramas y las hojas, de un 9% de diferencia.

Tabla 6. Contenido de humedad por órgano y por año

CUADRO 3. CONTENIDO DE HUMEDAD POR ÓRGANO Y POR AÑO. (%)						
EDAD. Años.	RAICES	RIZOMAS	CULMOS	HOJAS CAULINARES	RAMAS	HOJAS
1	30,4	52,3	57,6	48,8	58,9	59,2
2	45,2	55,1	53,1	51,9	55,3	55,9
3	43,2	56,6	50,7	52,3	55,2	55,8
4	41,8	56,4	58,8	55,7	40,4	62,7
5	47,3	69,5	49,5	54,8	42,9	50,8
6	45,4	51,5	46,9	51,8	59,0	45,6
7	44,8	51,7	49,9	49,9	47,4	52,8
PROMEDIO.(%)	42,6	56,1	52,3	52,2	51,3	54,7

Fuente: Ríos (S.f.)

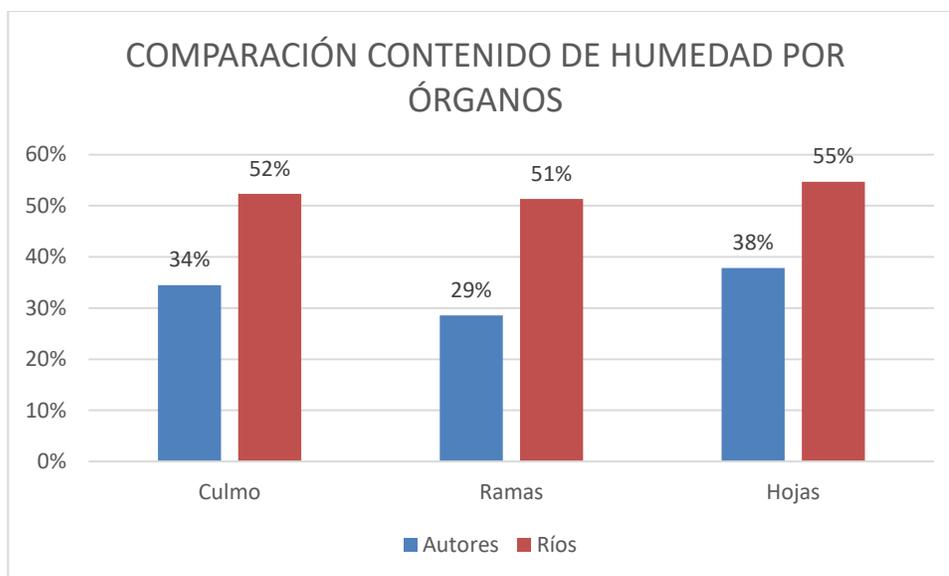


Figura 8. Comparación contenido de humedad
Fuente: Elaboración propia.

En comparación a los datos de contenido de humedad por órgano y por año presentados en la tabla 6 y en la figura 8, se puede determinar que la guadua presente en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, presenta un contenido de humedad muy bajo, desde el 17% hasta el 22% de diferencia, donde las ramas presentan la mayor diferencia con un 22%, seguido por el culmo con un 18% de diferencia, y por último las hojas con un 17% de diferencia, aunque el orden es similar, donde las hojas presentan un mayor contenido de humedad, seguido del culmo y por último las ramas.

Al ser divididos los resultados por rutas, el contenido de humedad varía, como se muestra en la figura 9.

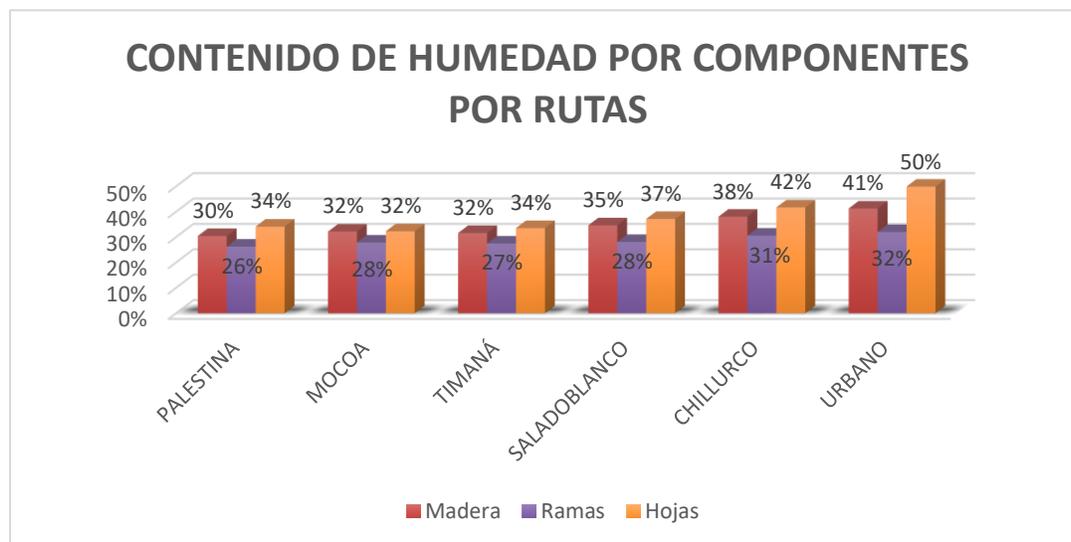
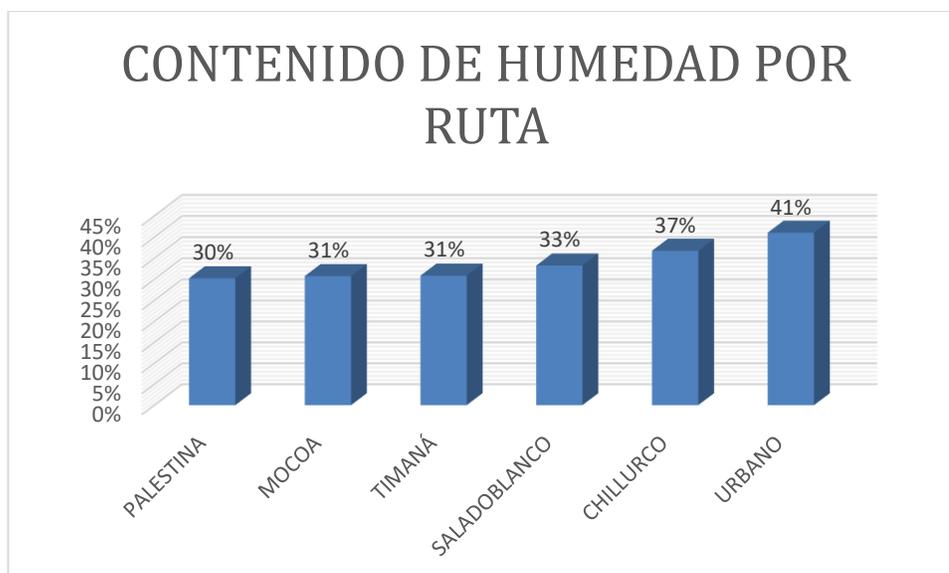


Figura 9. Contenido de humedad por componente por rutas
Fuente: Elaboración propia

Se observa que el componente que más varía respecto al contenido de humedad es la hoja, teniendo un rango desde el 32% hasta el 50%, el componente de madera o culmo, presenta un rango desde 30% hasta el 41%, y las ramas, las cuales presentan el contenido de humedad más bajo, presentan un rango desde el 26% hasta el 32%, presentando la variabilidad más baja. También se observa que, en relación, la ruta Palestina presenta el contenido de humedad general más bajo, y el área urbana presenta el contenido de humedad más alto.



*Figura 10. Contenido de humedad por rutas.
Fuente: Elaboración propia*

También se puede analizar el porcentaje de humedad por guadua para cada ruta, valor que muestra un crecimiento continuo de acuerdo al orden de las rutas recorridas y de las muestras recolectadas, donde la ruta Palestina presenta el contenido de humedad más bajo, con un 30%, siguiendo las rutas de Mocoa y Timaná con un 31%, luego Saladoblanco con un 33%, luego la ruta Chillurco con un 37%, y por último el área urbana con un 41%.

Para el caso del porcentaje de biomasa de los componentes, se puede decir que el porcentaje de biomasa es inversamente proporcional al contenido de humedad, como se muestra a continuación.

Tabla 7. Análisis de varianza de porcentaje de biomasa de madera.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de biomasa	360	1,9E-03	0,00	14,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	2	3,1E-03	0,34	0,7108
Componente	0,01	2	3,1E-03	0,34	0,7108
Error	3,20	357	0,01		
Total	3,20	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Porcentaje de biomasa	360	0,66	5,0E-03

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de biomasa para el componente de madera, o el culmo de la guadua de Pitalito, dio un resultado promedio de 66%, con un p-valor de 0,71, demostrando un análisis de varianza confiable, y un error estándar de 5,0.

Tabla 8. Análisis de varianza de porcentaje de biomasa de ramas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de biomasa	360	2,1E-03	0,00	11,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	2	2,7E-03	0,37	0,6917
Componente	0,01	2	2,7E-03	0,37	0,6917
Error	2,58	357	0,01		
Total	2,58	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Porcentaje de biomasa	360	0,71	4,5E-03

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de biomasa para el componente de ramas, o el culmo de la guadua de Pitalito, dio un resultado promedio de 71%, con un p-valor de 0,69, demostrando un análisis de varianza confiable, y un error estándar de 4,5.

Tabla 9. Análisis de varianza de porcentaje de biomasa de hojas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de biomasa	360	1,4E-04	0,00	18,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,6E-04	2	3,3E-04	0,02	0,9760
Componente	6,6E-04	2	3,3E-04	0,02	0,9760
Error	4,86	357	0,01		
Total	4,86	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Porcentaje de biomasa	360	0,62	0,01

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de biomasa para el componente de hojas de la guadua de Pitalito, dio un resultado promedio de 62%, con un p-valor de 0,97, demostrando un análisis de varianza confiable, y un error estándar de 0,01.

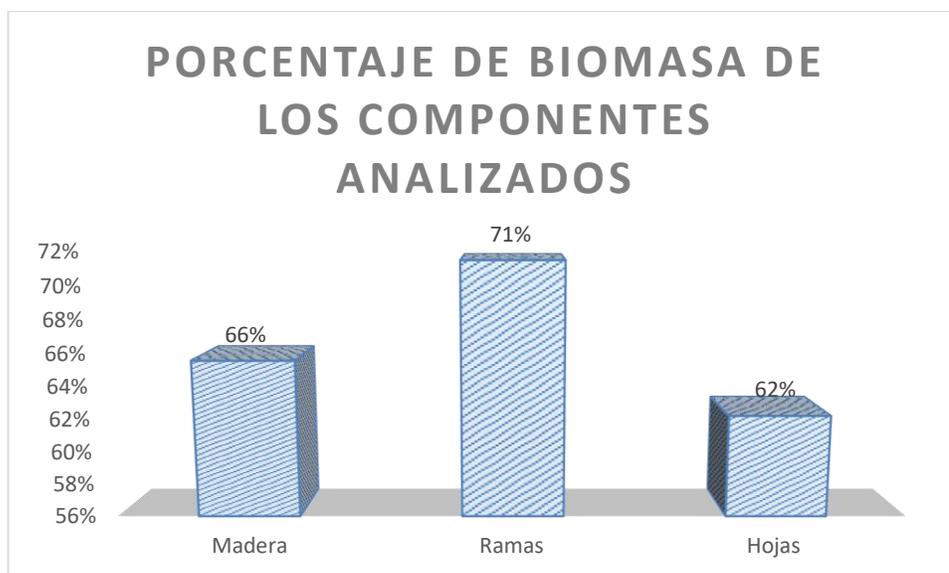


Figura 11. Porcentaje de biomasa por componentes.

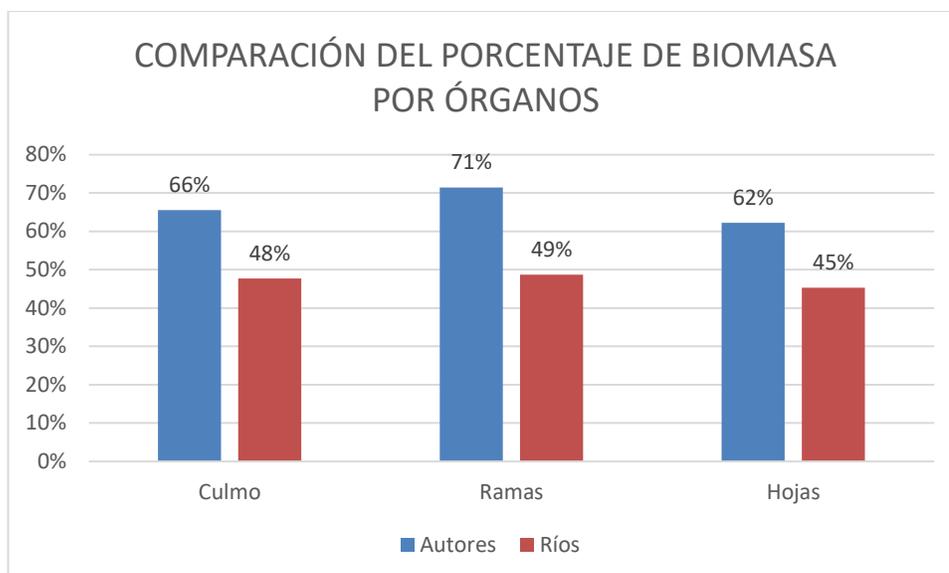
Fuente: Elaboración propia

En este caso se muestra que las ramas presentan un mayor porcentaje de biomasa, con un 71%, la madera o culmo presenta un 66%, y las hojas presentan el porcentaje más bajo de biomasa con un 62%, en orden contrario al de contenido de humedad.

Tabla 10. Porcentaje de biomasa por órgano

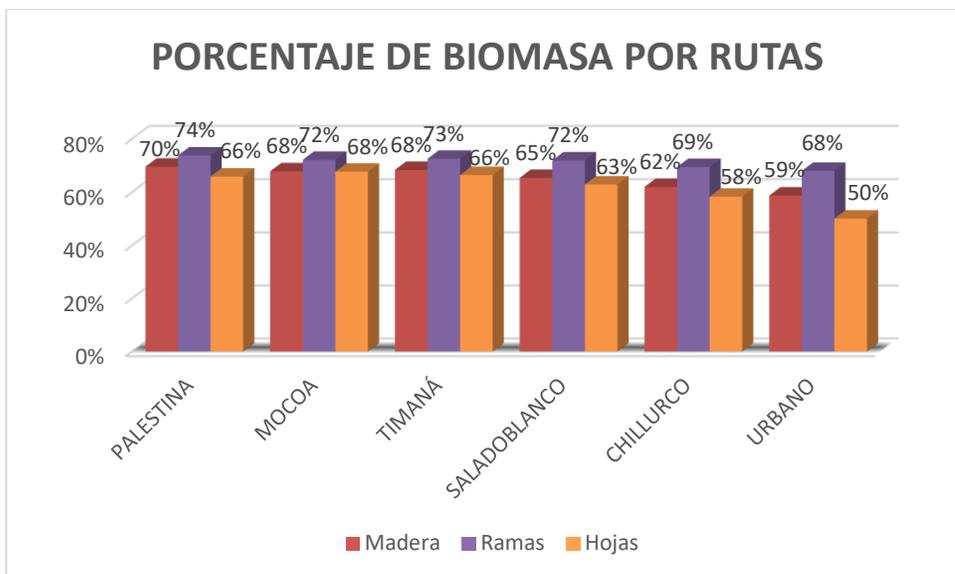
CUADRO 4. CONTENIDO DE MATERIAS SECA POR ORGANO Y POR AÑO. (%).						
EDAD. Años.	RAICES	RIZOMAS	CULMOS	HOJAS CAULINARES	RAMAS	HOJAS
1	69,7	47,7	42,5	51,3	41,2	40,8
2	54,8	44,9	46,9	48,1	44,8	44,2
3	56,8	43,5	49,3	47,7	44,9	44,2
4	58,3	43,6	41,2	44,3	59,7	37,3
5	52,8	30,5	50,5	45,2	57,1	49,3
6	54,6	48,6	53,1	48,2	41,0	54,4
7	55,2	48,3	50,1	50,1	52,6	47,2
PROMEDIO.(%)	57,4	43,9	47,7	47,8	48,7	45,3

Fuente: Ríos (S.f.)



*Figura 12. Comparación del porcentaje de biomasa por órganos
Fuente: Elaboración propia.*

En comparación a los datos del contenido de materia seca, o porcentaje de biomasa, por órgano obtenidos por Ríos (tabla 10), se demuestra que es inversamente proporcional, ya que en este caso, la guadua presente en la cuenca hidrográfica del río guarapas, presenta un mayor porcentaje de biomasa que en el caso de Ríos, con un rango de diferencia del 17% al 22%, aunque el orden es el mismo, donde las ramas presentan un mayor porcentaje, con una diferencia del 22%, seguido del culmo con una diferencia del 18% y por último las hojas con una diferencia del 17%.



*Figura 13. Porcentaje de biomasa por rutas.
Fuente: Elaboración propia*

También se presenta el mismo caso en la relación de porcentaje de biomasa de los componentes por rutas, al contrario que el contenido de humedad, la ruta Palestina presenta, en relación, un mayor porcentaje de biomasa que las otras rutas, y el área urbana presenta un menor porcentaje de biomasa que las otras rutas.

Respecto al volumen de biomasa, el cual resulta de la relación entre el porcentaje de biomasa de los componentes, entre la altura comercial y de fuste de cada uno de las guaduas, del espesor de madera y de las circunferencias de los canutos, el promedio total de biomasa por guadua, para el municipio de Pitalito, es de 21960 cm³ por guadua. A continuación, se muestran los resultados respecto al volumen de biomasa en cm³.

Tabla 11. Análisis de varianza volumen promedio de biomasa de culmo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen de biomasa seca	360	2,5E-04	0,00	53,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6143893,83	2	3071946,91	0,04	0,9571
Componente	6143893,83	2	3071946,91	0,04	0,9571
Error	24985802713,94	357	69988242,90		
Total	24991946607,77	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Volumen de biomasa seca	360	15647,32	439,75

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza del volumen de biomasa da como resultado un promedio de 15647,32 cm³ de volumen de biomasa para el culmo de la guadua de Pitalito, con un p-valor de 0,95 y un error estándar de 439,75 que demuestra un análisis confiable.

Tabla 12. Análisis de varianza volumen promedio de biomasa de ramas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen de biomasa seca	360	9,3E-04	0,00	50,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1929103,48	2	964551,74	0,17	0,8466
Componente	1929103,48	2	964551,74	0,17	0,8466
Error	2067293570,65	357	5790738,29		
Total	2069222674,13	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Volumen de biomasa seca	360	4729,94	126,53

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, da como resultado un promedio de 4729,94 cm³ de volumen de biomasa para el componente de ramas de la guadua de Pitalito, con un p-valor de 0,84 y un error estándar de 126,53 que demuestra un análisis confiable.

Tabla 13. Análisis de varianza volumen promedio de biomasa de hojas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen de biomasa seca	360	1,2E-03	0,00	53,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

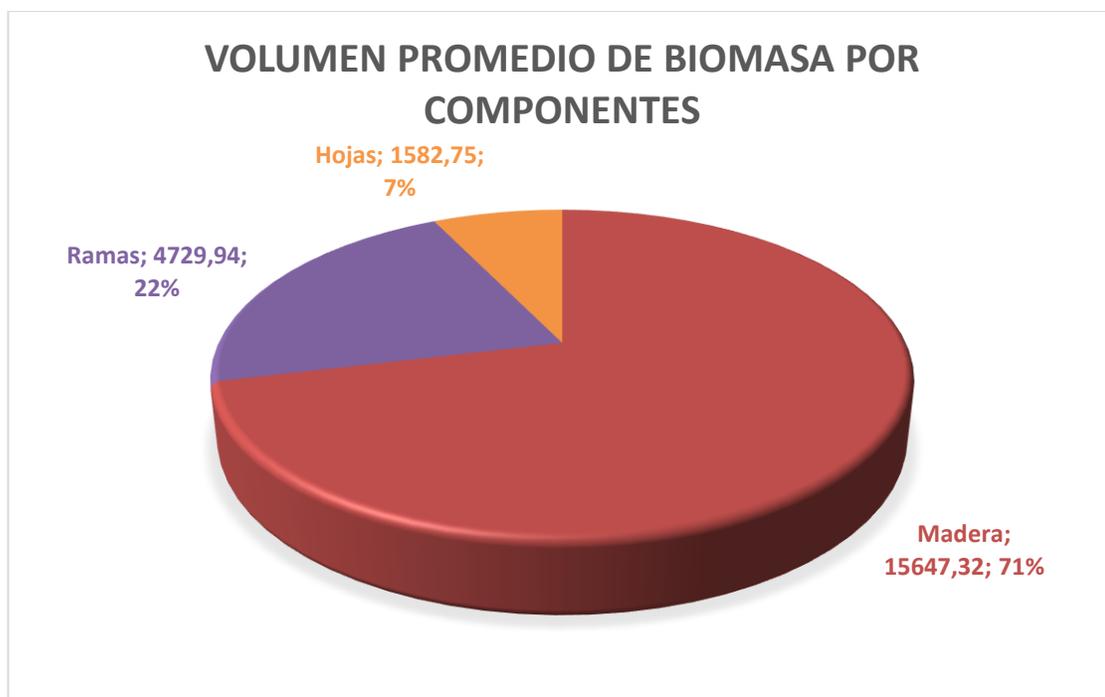
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	304594,94	2	152297,47	0,21	0,8113
Componente	304594,94	2	152297,47	0,21	0,8113
Error	259876247,76	357	727944,67		
Total	260180842,70	359			

Medidas resumen

Variable	n	Media	E.E.
Volumen de biomasa seca	360	1582,75	44,87

Fuente: Elaboración propia

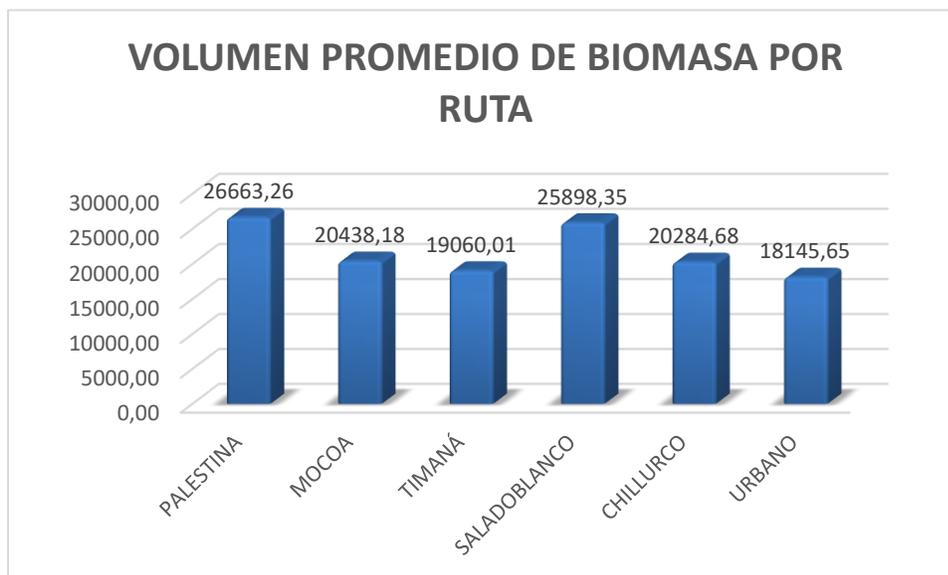
Con respecto al componente de hojas, da un valor promedio de 1582,75 cm³ de volumen de biomasa, con un p-valor de 0,81 y un error estándar de 44,87.



*Figura 14. Volumen promedio de biomasa por componente.
Fuente: Elaboración propia*

La comparación de los componentes evaluados, da como resultado que el componente de madera o culmo contiene aproximadamente el 71% de la biomasa total estudiada, con un promedio de 15647,32 cm³ por guadua, el componente de ramas contiene aproximadamente 22% de la biomasa estudiada, con un promedio de 4729,94 cm³ por guadua, y las hojas contienen aproximadamente el 7% de la biomasa estudiada, con un promedio de 1582,75 cm³ por guadua.

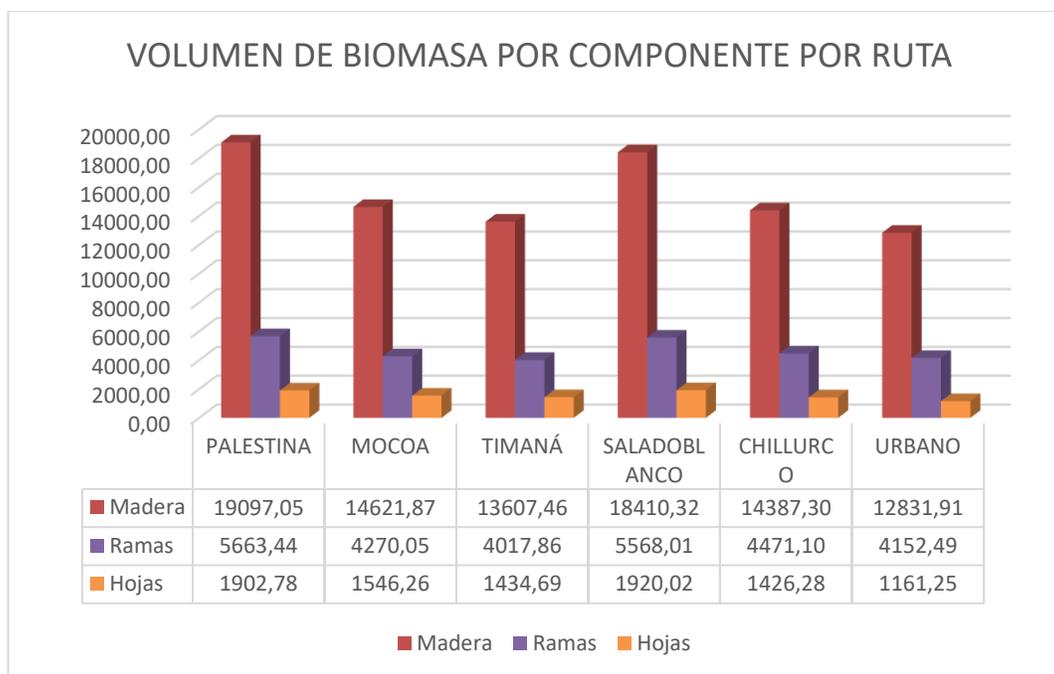
Al dividirse por rutas, se obtienen los siguientes resultados



*Figura 15. Volumen promedio de biomasa por rutas.
Fuente: Elaboración propia*

Se observa que la ruta que, en promedio, más biomasa aporta es la ruta Palestina, con un promedio de 26663,26 cm³ por guadua, seguido por la ruta Saladoblanco, con un promedio de 25898,35 cm³ por guadua, los cuales son las dos únicas rutas estudiadas que están por arriba del promedio general, que es de 21960 cm³ por guadua, luego está la ruta Mocoa, que presenta un promedio de 20438,18 cm³ por guadua, seguido por la ruta Chillurco, que presenta un promedio de 20284,68 cm³ por guadua, continúa con la ruta Timaná, que presenta un promedio de 19060,01 cm³ por guadua, y por último está el área urbana, que presenta un promedio de 18145,65 cm³ por guadua.

El aporte de cada componente evaluado (madera, ramas, hojas) para cada ruta se presenta en la figura 16:



*Figura 16. Volumen de biomasa por componente por ruta.
Fuente: Elaboración propia*

Para el componente de madera, el orden es similar al presentado con la figura 15, donde la ruta Palestina presenta el mayor promedio de biomasa por guadua, seguido por la ruta Saladoblanco, Mocoa, Chillurco, Timaná y área urbana. Para el componente ramas, si se muestra una variación, donde la ruta Saladoblanco presenta un promedio mayor de biomasa por guadua que la ruta Palestina, la ruta Chillurco presenta un promedio mayor de biomasa por guadua que la ruta Mocoa, y el área urbana presenta un promedio mayor de biomasa por guadua que la ruta Timaná, la cual presenta el menor promedio de biomasa por guadua para el componente ramas. Para el componente de hojas, la ruta Saladoblanco presenta el mayor promedio de biomasa por guadua, seguido por la ruta Palestina, Mocoa, Timaná, Chillurco y por último el área urbana.

Tomando una densidad promedio de 5466 guaduas por hectárea para el municipio de Pitalito, y con una extensión de 347,9 hectáreas de guadua para la cuenca hidrográfica del río

Guarapas para el municipio de Pitalito, según (Montealegre, S.f.) se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 14. Resultados de biomasa seca

	Culmo	Ramas	Hojas	Total
Promedio biomasa seca/cm ³ guadua	15647,32	4729,94	1582,75	21960,01509
Promedio biomasa seca/m ³ guadua	0,015	0,0047	0,0015	0,021960015
Densidad guadua Kg/m ³	687,08	687,08	687,08	687,08
Promedio biomasa seca/Kg guadua	10,75	3,25	1,087	15,08828717
Promedio biomasa seca/Ha cm ³	85528274,5	25853852,8	8651315,15	120033442,5
Promedio biomasa seca/Ha m ³	85,53	25,85	8,65	120,0334425
Promedio biomasa seca/Ha Kg	58764,77	17763,66	5944,14	82472,57767
Promedio biomasa seca/ha Ton	58,76	17,76	5,94	82,47257767
Biomasa seca total CH Ton	20444,26	6179,98	2067,97	28692,20977

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un promedio de biomasa aérea de la guadua por hectárea de 21960,01509cm³, el cual, por conversión, da un promedio de biomasa por hectárea de 0,021 m³. Según (T, T, G, & F., 2013) la guadua de Pitalito presenta una densidad anhidrida promedio de 687,08 Kg/m³, lo cual permite calcular el promedio de biomasa por hectárea en toneladas, cuyo resultado es de 82,47 Ton/ha. Para el total de biomasa seca para la cuenca hidrográfica del río Guarapas para Pitalito, se obtiene un valor de 28692,20Ton de biomasa aérea aportada por la Guadua, de acuerdo al promedio de biomasa por hectárea y a la extensión de guadua en hectáreas existente en la cuenca hidrográfica.

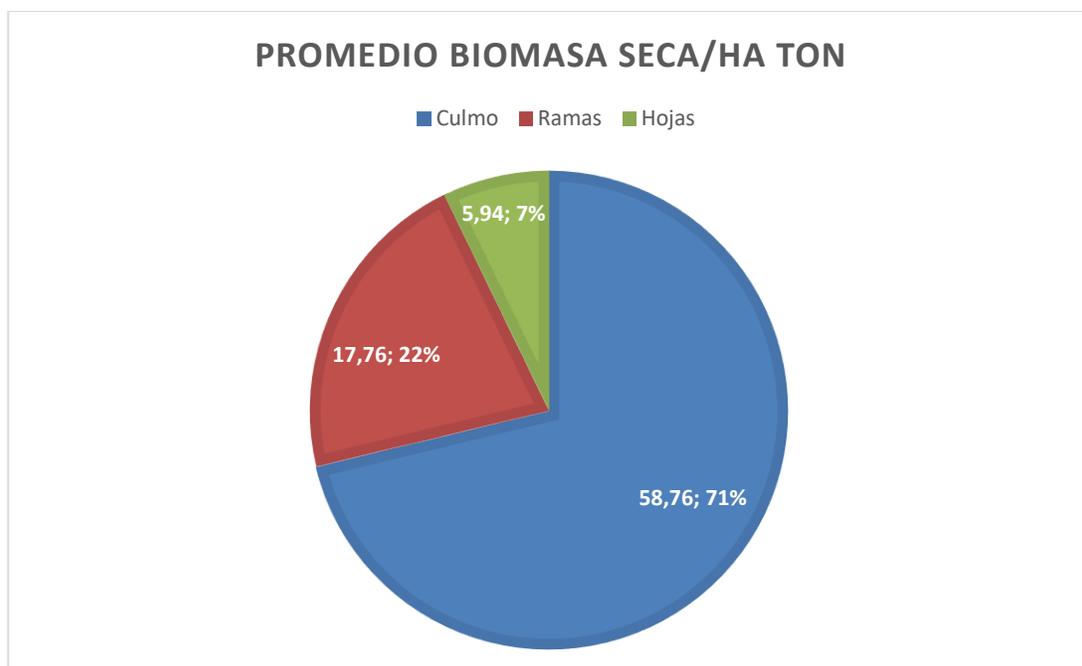


Figura 17. Promedio de biomasa seca por hectárea por componente
Fuente: Elaboración propia

En relación al aporte de cada uno de los componentes evaluados, se demuestra que el componente culmo es el que más cantidad de biomasa aporta, con un promedio de 58,76 Ton/ha, representando un 71% del total de la biomasa aérea aportada por los tres componentes, seguido por las ramas, las cuales aportan, en promedio, 17,76 Ton/ha, es decir, un 22% del total, y por último las hojas, las cuales aportan, en promedio, 5,94 Ton/ha, representando un 7% de la biomasa total estudiada.

También se realizó un análisis del promedio de biomasa aportada por cada ruta estudiada en Ton/ha.

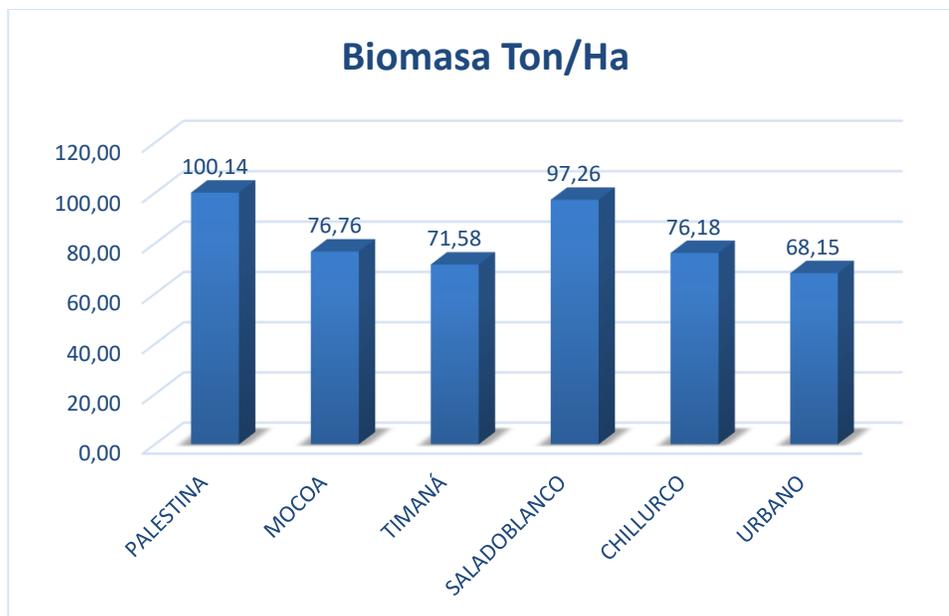


Figura 18. Biomasa por ruta Ton/ha.

Fuente: Elaboración propia

Respecto al aporte de cada ruta, se observa que la ruta que más aporta en promedio de biomasa por hectárea en toneladas es la ruta Palestina, la cual aporta en promedio 100,4 Ton/ha, seguido por la ruta Saladoblanco, que aporta en promedio 97,26 Ton/ha, luego Mocoa, que aporta en promedio 76,76 Ton/ha, continúa Chillurco, que aporta en promedio 76,18 Ton/ha, luego Timaná, que aporta en promedio 71,58 Ton/ha, y por último está el área urbana, que aporta en promedio 68,15 Ton/ha.

Tabla 15. Contenido de peso seco acumulado por órgano y por año.

Contenido de peso seco acumulado por órgano y por año en una cepa de <i>Guadua angustifolia</i> (Kg)			
Edad. Años	Culmo	Ramas	Hojas
1	4,61	1,52	0,44
2	14,3	6,18	1,82
3	61,8	25,4	6,13

4	158,2	76,5	17,7
5	347,4	90,3	27,7
6	509,3	122,8	50,5
7	581,3	170,2	59,0
Promedio	83	24,3	8,43

Fuente: Ríos (S.f.). Adaptado por los autores

En la tabla 15 se muestran los datos de los pesos de la biomasa seca de la *Guadua angustifolia* acumulados, durante una edad de 7 años, compartido por (Ríos, S.f.), realizado por la empresa AGROMOD S.A. DE C.V. y dirigida por Hormilson Cruz Ríos, en México. Para realizar la comparación con los datos obtenidos en el presente estudio, es necesario modificar la tabla, y obtener los pesos no acumulados por edades, como se muestra a continuación.

Tabla 16. Contenido de peso seco por órgano y por año

Contenido de peso seco por órgano y por año en una cepa de <i>Guadua angustifolia</i> (Kg)				
Edad. Año	Culmo	Ramas	Hojas	Total
1	4,61	1,52	0,44	6,57
2	9,69	4,66	1,38	15,73
3	47,5	19,22	4,31	71,03
4	96,4	51,1	11,57	159,07
5	189,2	13,8	10	213
6	161,9	32,5	22,8	217,2
7	72	47,4	8,5	127,9
Promedio	83,04	24,31	8,43	115,79

Fuente: (Ríos, S.f.). Adaptado por los autores

La comparación entre los resultados obtenidos en el presente estudio, y la tabla 16, permite estimar que la mayoría de los individuos o de las guaguas utilizadas para la toma de muestras en campo se localizan en el rango de edades de 1 a 3 años, ya que el promedio de biomasa seca por guadua, que es de 15,08Kg, se encuentra entre el rango de 1 a 2 años, el promedio de biomasa seca por guadua para el culmo, es de 10,75Kg, el cual se encuentra entre el rango de 2 y 3 años, y los promedio de biomasa seca por guadua para ramas y hojas, que son de 3,25 y 1,087 respectivamente, se encuentran entre el rango de 1 y 2 años.

Tabla 17. Cantidad de carbono fijado por órgano y total en un bosque natural

CUADRO 10. CANTIDAD DE CARBONO FIJADO POR ORGANOS Y TOTAL EN UN BOSQUE NATURAL							
NUMERO DE PLANTAS POR HECTAREA:			5755				
CONCEPTOS	RAICES	RIZOMAS	TALLOS	HOJAS CAULINARES	RAMAS	HOJAS	TOTALES
PESO VERDE POR PLANTA (Kg)	4,23	18,46	54,39	2,15	9,67	2,98	91,88
PESO VERDE. Ton/Ha	24,3	106,2	313,0	12,3	55,7	17,1	528,74
PORCENTAJE DE PESO SECO. (%)	55,20	48,30	50,13	50,10	52,59	47,20	
CONTENIDO DE MATERIA SECA. Ton/Ha	13,4	51,3	156,9	6,2	29,3	8,1	265,2
CARBONO ATRAPADO. Ton/ha	6,7	25,7	78,5	3,1	14,6	4,0	132,6

Fuente: Ríos (S.f.)

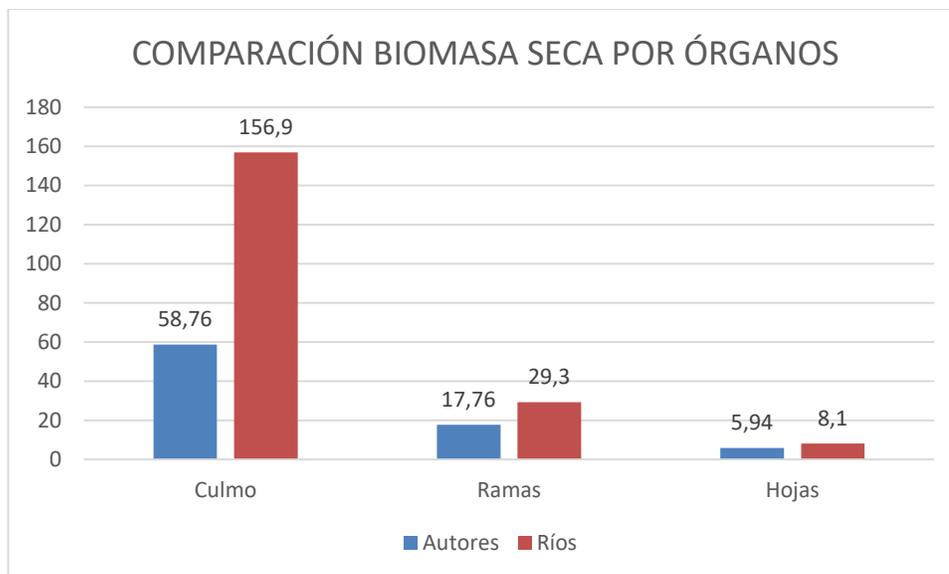


Figura 19. Comparación de biomasa seca por órganos

La tabla 17 permite comparar los aportes de biomasa seca, entre los diferentes órganos o componentes evaluados, como se muestra en la figura 19, ya que presenta la cantidad de biomasa seca en Ton/ha, denominada como contenido de materia seca, lo cual permite observar una gran diferencia entre los valores, aun cuando la densidad de plantas por hectárea no es tan diferenciada (5755 para Ríos, 5466 para el presente estudio). Los tallos o el culmo, en el estudio de Ríos, contienen un promedio de 156,9 Ton/ha de biomasa seca, mientras que el presente estudio arrojó un resultado de 58,76 Ton/ha para el mismo componente, para las ramas, Ríos obtiene un resultado de 29,3 Ton/ha, y el presente estudio dio un resultado de 17,76 Ton/ha, y para las hojas, su resultado fue de 8,1 Ton/ha, y el presente estudio dio un valor promedio de 5,94 Ton/ha, lo que demuestra una gran diferencia entre cada uno de los componentes evaluados.

Análisis de resultados

En el componente ambiental, según los análisis de los resultados cuantificables de las rutas muestreadas (área rural: puntos de Palestina, Oporapa – Saladoblanco, Mocoa, Chillurco y Timaná, y área urbana) cabe apreciar, el contenido de humedad por rutas se dio en mayor medida en la ruta urbana según dato estadístico del 41%, en comparación con las rutas de la zona rural las cuales fueron de entre 30% hasta un máximo en promedio de 37%. Eso puede ocurrir debido a la geología del hábitat natural, ya que, en la antigüedad se vio dado el Valle del río Guarapas, terreno sobre el cual se encuentra hoy la ciudad, y fue una importante zona en las acciones de la conquista. Así mismo con relación de humedad de los componentes de las muestras recolectadas (madera, ramas y hojas) de las rutas se obtuvo que las muestras de hojas alcanzaron un porcentaje 38% mucho mayor en comparación con la madera que fue de 34% y 29% de ramas, lo que permite concluir que las hojas, o el fuste de la guadua, es un componente muy importante de la biomasa aérea en cuanto a humedad y retención de agua se refiere, dato importante para proyectos de protección de fuentes hídricas.

En comparación con los datos en promedio de biomasa de los componentes se dio una relación representativa del 71% para las ramas, de 66% para la madera y un 62% para las hojas, lo que demuestra un factor inversamente proporcional al contenido de humedad. Por otra parte, el aporte en promedio de biomasa total más sobresaliente se dio en la ruta Palestina, aporta en promedio 100,14 Ton/ha. En comparación con las demás rutas, cabe señalar que en esta ruta se

presenta una mayor cantidad de guaduales en relación con las otras rutas evaluadas, y además, con buenas condiciones ambientales y buenos estados de manejo y cuidado de los guaduales.

El resultado estimado sobre el valor total de biomasa aérea seca brindada por la *Guadua angustifolia* Kunth, para el municipio de Pitalito Huila, sobre la cuenca del río Guarapas, es de 28692,20 toneladas, este dato resulta del promedio general de biomasa seca por hectárea, y de la extensión total de guadua que hay para el municipio de Pitalito Huila, que es de 347,9 hectáreas.

Sin embargo, no se cuenta con la extensión de cada área del municipio, para obtener un dato más preciso, ya que una de las áreas podría tener un porcentaje de extensión de guadua mayor que otro, por ejemplo, la ruta Palestina, lo que podría variar el resultado final del presente trabajo.

En el caso de las comparaciones realizadas con el estudio de Ríos (S.f.), permite deducir que la guadua existente en la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito Huila presenta una notoria desventaja frente al contenido de humedad, de más del 20% frente a los resultados obtenidos por Ríos, lo cual puede deberse a la ubicación geográfica, aunque esa es una cuestión difícil de resolver o de dar hipótesis por medio de los resultados obtenidos, ya que sería necesario realizar estudios geográficos, de suelos, flora y fauna asociada, entre otros que pueden afectar esta variable.

También permite observar que, respecto al porcentaje de biomasa, la guadua ubicada sobre la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito presenta un mayor potencial de generación de biomasa que la estudiada por Ríos, una ventaja muy importante, ya que este es un factor clave en la capacidad de captura de carbono de esta especie vegetal.

Sin embargo, la comparación realizada respecto al volumen en Ton/ha de biomasa aportada por cada componente evaluado, permitió observar que el promedio obtenido en el

presente estudio es muy bajo respecto al obtenido en el estudio realizado por Ríos, aunque esto puede deberse a que en el presente estudio no se tuvo en cuenta la variable de edad, y como demuestra Ríos, la *Guadua angustifolia* presenta una mayor producción de biomasa a la edad de 4, 5 y 6 años, lo cual sería una variable importante a tomar en cuenta en futuras investigaciones.

Del resultado de aporte de biomasa seca por hectárea, que es de 82,47Ton/ha en promedio, se puede estimar la cantidad de biomasa seca total que aporta la guadua del municipio de Pitalito, incluyendo rizomas y raíces, tomando en cuenta que, según (Camargo, 2010b), la biomasa aérea contiene aproximadamente un 74,6% de la biomasa total de la guadua, por lo tanto, se puede estimar que la *Guadua angustifolia* Kunth ubicada sobre la cuenca hidrográfica del río Guarapas en el municipio de Pitalito, aporta en promedio 110,54Ton/ha.

Conclusiones

Evidentemente el trabajo de investigación generó resultados de gran importancia para la región sur del departamento de Huila, específicamente para el municipio de Pitalito, causando impactos positivos en el componente social y ambiental: la sensibilización, cuidado y conservación de la guadua, siendo éste un recurso natural renovable de gran relevancia en los ecosistemas, sobre todo en la región, donde es abundante su presencia, dado primeramente a la escases de estudios; y el poco conocimiento de las personas acerca de los innumerables beneficios y servicios ecosistémicos que nos provee.

Inicialmente se cumplió con la identificación de las zonas de estudio mediante la georreferenciación de los puntos de muestreo de los individuos (Ver figura 6) utilizados para el estudio de biomasa aérea en los rodales seleccionados, siguiendo rutas según la cobertura y extensión de la cuenca, basado en el POMCH Río Guarapas 2009 (Palestina, Bruselas, Timaná, Oporapa - Saladoblanco, Chillurco, Urbano). Ver figura 2.

Se determinó que entre las principales actividades económicas asociadas a los rodales de guadua se encuentran: En un 43% en ganadería intensiva, un 15% en cultivos de lulo, seguido de cultivos de café con un 13% , el restante asociado a rastrojo, cultivo de pan coger y otros con un 29 %.

Así mismo, se evidencio en las rutas de estudio algunas problemáticas ambientales asociadas a la generación de vertimientos líquidos y residuos sólidos a los cuerpos de agua y sus alrededores producida por las mismas actividades económicas.

De igual manera se obtuvieron las medidas dasométricas de las guaduas seleccionadas (DAP, Longitud, Circunferencia, Altura comercial, Altura de fuste, espesor de madera). Dando como resultados representativos los siguientes: el DAP oscila entre 5,66cm y 28,2cm, con un promedio de 9,91cm; la longitud de canuto oscila entre 4.0cm y 46,7cm, con un promedio de 26,75cm, la circunferencia del canuto oscila entre 12cm y 52cm, con un promedio de 26,99cm, la altura comercial presenta un valor mínimo de 4,1m y un valor máximo de 20,8 m y un promedio de 9,27 m; la altura de fuste oscila entre 2,46m y 22m con un promedio de 7,24m, la longitud total oscila entre 9,5m y 38,4m con un promedio de 16,52m, y el espesor de madera oscila entre 0,2cm y 2,4cm con un promedio de 0,98cm.

Se realizó la recolección de las muestras húmedas de biomasa aérea de la guadua. En la cual se evidencio que las hojas pierden más rápido la humedad luego del corte de la guadua, en comparación con las ramas y madera, y presentan un enrollamiento, lo que disminuye también su tamaño y grosor, y este factor se ve considerablemente influenciado por las condiciones climáticas y del rodal que se presentan al momento de la recolección o del corte de la muestra.

Posteriormente se analizó y se estimó la biomasa aérea recolectada de los individuos seleccionados, obteniendo un valor promedio de 82 Ton/ha para todos los rodales estudiados, notándose una gran variabilidad entre los valores obtenidos en las diferentes rutas, respecto al contenido de humedad y volumen de biomasa, lo cual permite concluir que la *Guadua angustifolia* Kunth presente sobre la cuenca hidrográfica del río Guarapas para el municipio de Pitalito, presenta diferentes condiciones en diferentes sectores, aunque pertenezcan a una misma

cuenca, lo que permitiría realizar estudios similares a éste pero evaluando zonas más pequeñas, o incluyendo nuevas variables, como las edades de las guaduas, áreas de los rodales, tiempos de corte, proximidad a centros poblados o vías transitadas, y demás factores que puedan influenciar en los resultados.

El presente proyecto es base para posteriores investigaciones en la región, las cuales se espera que aporten y/o contribuyan a la conservación, sostenibilidad y adecuado aprovechamiento de los recursos naturales.

Los resultados finales del presente trabajo, permiten identificar el gran aporte a nivel ambiental que la *Guadua angustifolia* Kunth brinda al municipio de Pitalito, principalmente a las fuentes hídricas, ya que generalmente se presenta cerca a fuentes hídricas, y además, permite identificar algunos fallos frente al tratamiento de esta especie, la cual necesita de cuidado y de aprovechamiento periódico para poder extenderse y desarrollarse adecuadamente, procesos que actualmente la legislación nacional y regional tienen muy condicionados, lo que evita que los propietarios de predios que poseen guadua no realicen adecuadas técnicas silviculturales, que causa que la guadua no pueda desarrollarse en un ambiente totalmente adecuado, y esto conlleva a que genere menor cantidad de biomasa, por lo tanto reduzca su capacidad de captura de carbono, entre otras consecuencias.

Es notable el potencial que brinda la guadua en el aspecto ambiental, económico y social, ya que, además de sus servicios ecosistémicos, genera un promedio de 82 Ton/ha como se demostró en el presente trabajo, además su aprovechamiento se puede dar a una edad aproximada de 6 años, un tiempo relativamente muy corto frente a las especies maderables, también sirve como sustituto de la madera, propiedad que puede ser utilizada para la protección de especies maderables en vía de extinción, su utilización se puede hacer de forma manual o por

medio de equipos industriales, es decir, es muy manejable y se le puede dar diversos usos, puede generar empleo para la región y promover la economía y el mercado regional y nacional, y promover los productos nacionales ante los importados.

Recomendaciones

- Manejo de medidas e implementos de protección para el trabajo en campo como guantes, sombrero, camisa manga larga para la protección del sol, de igual manera botas de caucho preferiblemente gruesas para evitar los chuzos y la pelusa de la guadua.
- Previo a iniciar con el trabajo de investigación, asegurarse de contar con todas las herramientas (tijeras, machete, balanza, Guasca, cajas,) y equipos necesarios para desarrollar adecuadamente la metodología, por ejemplo GPS, para realizar la georreferenciación de los puntos la zona de trabajo y punto de toma de las muestras así mismo como el horno para el proceso de secado, vehículos para transporte, lugares para el almacenamiento de las muestras, etc., previendo las labores a realizar antes, durante y después de cada una de las fases de la metodología, evitando contratiempos.
- En base a los resultados se evidencia la necesidad de avanzar en la realización de posteriores trabajos de investigación con relación a la *Guadua angustifolia* Kunth, con el fin de determinar la cuantificación de carbono de la misma.
- De igual forma, se recomienda la realización de estudios similares, evaluando el aporte de biomasa en diferentes edades, y en diferentes subtipos de esta especie vegetal.
- Otro punto importante a realizarse en un futuro cercano, es el desarrollo de estudios similares, con especies vegetales abundantes en la región, como el lulo, el maíz, etc.,

buscando la cuantificación total de biomasa seca y de captura de carbono aportada en el municipio de Pitalito Huila.

Bibliografía

Agroempresarial S.A. (2012). Plan de Aprovechamiento y manejo de flora silvestre: Guadua, en el concepto del núcleo forestal productivo. Pitalito, Huila, Colombia: Agroempresarial S.A. Recuperado el 29 de Septiembre de 2017.

Alcaldía de Pitalito. (2015). Pitalito, tu ciudad. Pitalito, Huila, Colombia: República de Colombia, Municipio de Pitalito, Todos en Acción Portal Niños. Recuperado el 17 de Febrero de 2018.

Alcaldía de Pitalito. (2015). Ruta de cambio Pitalito 2030. Pitalito, Huila, Colombia: Alcaldía de Pitalito. Obtenido de <http://www.alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/Ruta-Cambio-Pitalito.pdf>

Arango, A. M. (2011). Posibilidades de la guadua para la mitigación del cambio climático caso: Eje Cafetero Colombiano. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 28 de Septiembre de 2017.

Bambú. (2 de diciembre de 2015). ¿Cuántas especies de bambú existen? Recuperado el 12 de marzo de 2018, de Bambú: <http://bambuver.blogspot.com/2015/12/cuantas-especies-de-bambu-existen.html>

Bambusa.es. (S.f.). *Guadua angustifolia Kunth*. Recuperado el 11 de Julio de 2018, de Bambusa.es: <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>

Bárbaro, G. (2007). Transformación e industrialización del Bambú. Barcelona, España: Arquitectura del paisaje. Obtenido de http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp155/08_15.pdf.

CAM, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2009). POMCH Guarapas. Pitalito, Huila, Colombia: CAM, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Recuperado el 12 de Abril de 2018, de <https://www.cam.gov.co/recurso-hidrico/pomch/category/81-rio-guarapas.html?download=380:pomch-rio-guarapas-parte-i>

Cambio climático.org. (S.f.). Efectos del cambio climático. Recuperado el 8 de Febrero de 2018, de Cambio climático.org: <http://www.cambioclimatico.org/tema/efectos-del-cambio-climatico>

Camargo, J. C., Rodríguez, J. A., & Arango, Á. M. (2010). Bosques de guadua del Eje Cafetero de Colombia: oportunidades para su inclusión en el mercado voluntario de carbono y en el Programa REDD+. Colombia: Comunicación Técnica. Recuperado el 22 de Noviembre de 2017, de <http://bco.catie.ac.cr/portal-revistas/index.php/RRNA/article/view/97/176>

Camargo, J. C., Rodríguez, J. A., Arango, A. M. (2010). Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia. Recuperado el 23 de 03 de 2018, de Grupo de investigación GATA: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5987/13.Camargo.pdf>

Castaño Nieto, F. (2004). *Modelo de núcleo productivo de la guadua cuenca hidrográfica del río Guadalajara Buga-Colombia*. Fundaguadua, Buga.

Chará, J., Giraldo, L. P., Chará, M. y Ximena, G. (2010). Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de corredores acuáticos en la Ecorregión a

Cafetera de Colombia. 2. Efectos sobre la escorrentía y captura de nutrientes. Recursos Naturales y Ambiente, (61), 60-66.

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM (2009). Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del Río Guarapas. Pitalito, Huila, Colombia: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Recuperado el 17 de Febrero de 2018.

Cuellar B. Adelaida, Montealegre T. William, Méndez P. Nelly M. (2016). Formulación Plan prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la Guadua en la zona sur del Huila Colombia.

Ecohabitar. (2015). La guadua: una maravilla natural de grandes bondades y prometedor futuro. Obtenido de <http://www.ecohabitar.org/la-gadua-una-maravilla-natural-de-grandes-bondades-y-prometedor-futuro/>

González, Eugenia y Díaz, John. (2003). Propagación enfermedades y daños siembra cultivo y manejo de la guadua preservación limpieza curado fertilización corte aprovechamiento de la guadua. Universidad Nacional Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

González, W. F., & Vargas, M. R. (2015). Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. Bogotá, Colombia: Ambiente y Desarrollo. Recuperado el 28 de septiembre de 2017, obtenido de <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-38.apbc> doi: 10.11144/Javeriana.up14-4.ayd20-38.apbc

González Zárate Mequeas. (2008). Tesis de grado Maestría “Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, *Pinus oocarpa* var. *Ochoterenai* Mtz. y *Quercus* sp. En el norte del Estado de Chiapas, México.

Herrera, E. G. (2008). Bienes y servicios ambientales de la guadua en Colombia (*Guadua angustifolia* Kunth). Sigguadua. Recuperado el 22 de Noviembre de 2017, de http://www.sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/bienes_y_servicios_guadua.pdf

Huila, G. d. (Julio de 2014). 2050 Huila preparándose para el cambio climático. Recuperado el 09 de 03 de 2018 de http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/nodo_centro_andino/Huila_2050-Plan_de_Cambio_Climatico_2x1.pdf

Hsiung, W. (S.f.). El bambú en China: nuevas perspectivas para un recurso antiguo. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/docrep/s2850s/s2850s07.htm>

INYUMACIZO, G. D. (2012). Promoción, innovación y desarrollo industrial de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, departamento del Huila Colombia. Pitalito.

IPCC. (2007). Informe de síntesis cambio climático 2007. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado el 23 de Noviembre de 2017, de https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

Méndez, Álvarez, Carlos Eduardo. (2005). Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación. Editorial Me Graw Hill. 2001. p. 133.

Méndez P. Nelly M (2012). Caracterización social y productiva de la guadua en la cuenca del río Guarapas, sur del departamento del Huila. UNAD.

Méndez Pedroza, Nelly María (2014). Trabajo de grado Doctorado “Diagnóstico de guaduales y propuesta de un modelo de ordenamiento forestal sostenible productivo para el manejo e industrialización de la guadua (*Guadua angustifolia* Benth), con participación

comunitaria en la Cuenca hidrográfica del río Guarapas, zona sur del departamento del Huila, Colombia.

MINAMBIENTE. (21 de julio de 2015). Colombia se compromete a reducir el 20% de sus emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1913-colombia-se-compromete-a-reducir-el-20-de-sus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-para-el-ano-2030>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (S.f.). Protocolo de Kioto (pK). Recuperado el 29 de septiembre de 2017, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/458-plantilla-cambio-climatico-14>

Mónaco, N., Rosa, M. J., Santa, V., Aufrán, V., & Heguiabehere, A. (2015). Utilización de estimadores para determinación de biomasa a campo. Argentina: European Scientific Journal. Recuperado el 23 de Noviembre de 2018, de <https://eujournal.org/index.php/esj/article/download/6653/6390>

Montealegre Torres, William Ignacio (2014). Trabajo de grado maestría “Formulación del plan prospectivo y estratégico para la consolidación de la cadena productiva de la guadua en la cuenca hidrográfica del río Guarapas, departamento del Huila, Colombia”. Recuperado el 22 de noviembre de 2017. UNAD.

Naciones Unidas. (2012). El futuro que queremos. Asamblea General de las Naciones Unidas. Recuperado el 29 de Septiembre de 2017, de <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/66/288>

Overblog. (30 de septiembre de 2011). La importancia de la Guadua. Recuperado el 10 de julio de 2018, de Overblog: <http://la-guadua.over-blog.es/article-la-importancia-de-la-guadua-85466575.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. (2015). Objetivos del Desarrollo del Milenio informe 2015. Colombia: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. Recuperado el 29 de Septiembre de 2017, de <http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/presscenter/articles/2015/09/28/-c-mo-le-fue-a-colombia-con-los-odm-.html>

Riaño, N. M., Londoño, X., López, Y., & Gómez, J. H. (2002). Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in the Valle del Cauca – Colombia. Colombia: Bamboo Science and Culture. Recuperado el 10 de Julio de 2018, de <http://www.maderinsa.com/guadua/fijacion.pdf>

Ríos, H. C. (S.f.). Biomasa y Atrapamiento de carbono en Bambú Guadua. Colombia - México: Bambuguaduapremier.com. Recuperado el 28 de Septiembre de 2017 de <https://es.scribd.com/document/325104417/Biomasa-y-Atrapamiento-de-carbono-en-Bambu-Guadua-pdf>

T, C. T., T, M. D., G, J. E., & F., J. F. (2013). Estudio multifactorial de resistencia última a tensión paralela a la fibra en muestras de *Guadua angustifolia* Kunth. Neiva, Huila, Colombia: Universidad Surcolombiana. Recuperado el 15 de Junio de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/320222532_Estudio_multifactorial_de_resistencia_ultima_a_tension_paralela_a_la_fibra_en_muestras_de_guadua_angustifolia_Kunth

Teneche, G. (s.f.). *GUADUA Y BAMBU COLOMBIA (GBC) Guadua Angustifolia Kunth*. Obtenido de <https://guaduabambucolombia.com/>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de coordenadas de puntos de muestreo*Anexo 1 Tabla de coordenadas de puntos de muestreo.*

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
PALESTINA	PA001	776578	688435
PALESTINA	PA002	776604	688470
PALESTINA	PA003	776059	688681
PALESTINA	PA004	776724	688455
PALESTINA	PA005	776737	688503
PALESTINA	PA006	777092	689540
PALESTINA	PA007	777352	689239
PALESTINA	PA008	777418	689227
PALESTINA	PA009	777432	689223
PALESTINA	PA010	777805	689056
PALESTINA	PA011	777787	689172
PALESTINA	PA012	777592	689071
PALESTINA	PA013	778947	689591
PALESTINA	PA014	778915	689889
PALESTINA	PA015	779147	689781
PALESTINA	PA016	779400	690293
PALESTINA	PA017	779130	690418

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
PALESTINA	PA018	779201	690424
PALESTINA	PA019	780473	693059
PALESTINA	PA020	780225	693030
PALESTINA	PA021	780595	693055
PALESTINA	PA022	780558	693108
PALESTINA	PA023	780510	692961
PALESTINA	PA001	776599	688434
PALESTINA	PA002	776590	688491
PALESTINA	PA003	776036	688673
PALESTINA	PA004	776691	688444
PALESTINA	PA005	776769	688501
PALESTINA	PA006	777107	689540
PALESTINA	PA007	777360	689245
PALESTINA	PA008	777425	689224
PALESTINA	PA009	777437	689209
PALESTINA	PA010	777780	689064
PALESTINA	PA011	777796	689171
PALESTINA	PA012	777591	689071
PALESTINA	PA013	778937	689607
PALESTINA	PA014	778906	689593
PALESTINA	PA015	779146	689773
PALESTINA	PA016	779396	690298
PALESTINA	PA017	779135	690421
PALESTINA	PA018	779200	690416
PALESTINA	PA019	780514	693051

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
PALESTINA	PA020	780229	693029
PALESTINA	PA021	780617	693085
PALESTINA	PA022	780555	693119
PALESTINA	PA023	780521	692948
PALESTINA	PA001	776633	688426
PALESTINA	PA002	776584	688496
PALESTINA	PA003	776049	688669
PALESTINA	PA004	776731	688456
PALESTINA	PA005	776775	688502
PALESTINA	PA006	777090	689538
PALESTINA	PA007	777372	689239
PALESTINA	PA008	777424	689229
PALESTINA	PA009	777447	689193
PALESTINA	PA010	777807	689069
PALESTINA	PA011	777791	689177
PALESTINA	PA012	777575	689088
PALESTINA	PA013	778936	689623
PALESTINA	PA014	778898	689595
PALESTINA	PA015	779156	689777
PALESTINA	PA016	779398	690299
PALESTINA	PA017	779118	690403
PALESTINA	PA018	779199	690438
PALESTINA	PA019	780528	693042
PALESTINA	PA020	780230	693029
PALESTINA	PA021	780613	693085

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
PALESTINA	PA022	780550	693117
PALESTINA	PA023	780710	688125
CHILLURCO	CHIO1	778271	698409
CHILLURCO	CHIO2	778295	698409
CHILLURCO	CHIO3	778307	698408
CHILLURCO	CHIO4	778411	698283
CHILLURCO	CHIO5	778414	698301
CHILLURCO	CHIO6	778401	698337
CHILLURCO	CHIO7	778383	698359
CHILLURCO	CHIO8	778364	698373
CHILLURCO	CHIO9	778260	698398
CHILLURCO	CHIO10	778262	698387
CHILLURCO	CHIO11	778254	698342
CHILLURCO	CHIO12	778236	698336
CHILLURCO	CHIO13	778175	698384
CHILLURCO	CHIO14	778167	698392
CHILLURCO	CHIO15	778147	698407
CHILLURCO	CHIO16	778127	698402
CHILLURCO	CHIO17	779062	699600
CHILLURCO	CHIO18	779068	699582
CHILLURCO	CHIO19	779111	699587
CHILLURCO	CHIO20	779094	699601
CHILLURCO	CHIO21	779131	699572
CHILLURCO	CHIO1	778277	698407
CHILLURCO	CHIO2	778297	698406

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
CHILLURCO	CHIO3	778312	698406
CHILLURCO	CHIO4	778412	698486
CHILLURCO	CHIO5	778413	698307
CHILLURCO	CHIO6	778394	698341
CHILLURCO	CHIO7	778372	698362
CHILLURCO	CHIO8	778360	698378
CHILLURCO	CHIO9	778261	698397
CHILLURCO	CHIO10	778260	698383
CHILLURCO	CHIO11	778253	698344
CHILLURCO	CHIO12	778239	698336
CHILLURCO	CHIO13	778176	698384
CHILLURCO	CHIO14	778164	698395
CHILLURCO	CHIO15	778141	698406
CHILLURCO	CHIO16	778121	698401
CHILLURCO	CHIO17	779062	699598
CHILLURCO	CHIO18	779079	699573
CHILLURCO	CHIO19	779101	699591
CHILLURCO	CHIO20	779085	699604
CHILLURCO	CHIO21	779135	699573
CHILLURCO	CHIO1	778287	698410
CHILLURCO	CHIO2	778306	698406
CHILLURCO	CHIO3	778323	698400
CHILLURCO	CHIO4	778912	698291
CHILLURCO	CHIO5	778411	698321
CHILLURCO	CHIO6	778391	698347

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
CHILLURCO	CHIO7	778369	698365
CHILLURCO	CHIO8	778358	698378
CHILLURCO	CHIO9	778261	698392
CHILLURCO	CHIO10	778256	698376
CHILLURCO	CHIO11	778249	698343
CHILLURCO	CHIO12	778233	698330
CHILLURCO	CHIO13	778173	698384
CHILLURCO	CHIO14	778158	698399
CHILLURCO	CHIO15	778141	698406
CHILLURCO	CHIO16	778121	698401
CHILLURCO	CHIO17	779063	699597
CHILLURCO	CHIO18	779080	699571
CHILLURCO	CHIO19	779094	699600
CHILLURCO	CHIO20	779081	699600
CHILLURCO	CHIO21	779142	699575
MOCOA	MO001	766661	688026
MOCOA	MO002	767003	688123
MOCOA	MO003	767050	688151
MOCOA	MO004	767111	688242
MOCOA	MO005	767211	688221
MOCOA	MO006	768808	689002
MOCOA	MO007	768814	689013
MOCOA	MO008	767331	688056
MOCOA	MO009	767658	688364
MOCOA	MO010	767579	688557

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
MOCOA	MO011	768833	689800
MOCOA	MO012	768853	689848
MOCOA	MO013	768964	689921
MOCOA	MO014	768976	689960
MOCOA	MO015	771917	694061
MOCOA	MO016	771923	694066
MOCOA	MO017	771919	694096
MOCOA	MO018	772032	693892
MOCOA	MO019	772121	693801
MOCOA	MO001	766664	688030
MOCOA	MO002	767007	688124
MOCOA	MO003	767054	688155
MOCOA	MO004	767124	688232
MOCOA	MO005	767212	688220
MOCOA	MO006	768810	689010
MOCOA	MO007	768834	689007
MOCOA	MO008	767354	688098
MOCOA	MO009	767619	688370
MOCOA	MO010	767580	688554
MOCOA	MO011	768832	689798
MOCOA	MO012	768854	689847
MOCOA	MO013	768969	689926
MOCOA	MO014	768976	689958
MOCOA	MO015	771916	694060
MOCOA	MO016	771922	694071

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
MOCOA	MO017	771914	694088
MOCOA	MO018	772029	693898
MOCOA	MO019	772119	693797
MOCOA	MO001	766673	688030
MOCOA	MO002	767006	688129
MOCOA	MO003	767049	688151
MOCOA	MO004	767132	688231
MOCOA	MO005	767211	688220
MOCOA	MO006	768809	689011
MOCOA	MO007	768837	689003
MOCOA	MO008	767308	688104
MOCOA	MO009	767650	688375
MOCOA	MO010	767588	688560
MOCOA	MO011	768834	689800
MOCOA	MO012	768852	689849
MOCOA	MO013	768956	689922
MOCOA	MO014	768976	689951
MOCOA	MO015	771920	694062
MOCOA	MO016	771928	694078
MOCOA	MO017	771915	694063
MOCOA	MO018	772029	693893
MOCOA	MO019	772117	693793
SALADOBLANCO	SA001	783028	700328
SALADOBLANCO	SA002	783018	700305
SALADOBLANCO	SA003	782998	700301

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
SALADOBLANCO	SA004	782970	700279
SALADOBLANCO	SA005	782955	700240
SALADOBLANCO	SA006	782950	700250
SALADOBLANCO	SA007	782967	700178
SALADOBLANCO	SA008	783339	700405
SALADOBLANCO	SA009	783326	700394
SALADOBLANCO	SA010	783307	700358
SALADOBLANCO	SA011	783305	700326
SALADOBLANCO	SA012	783279	700309
SALADOBLANCO	SA013	783265	700316
SALADOBLANCO	SA014	783254	700302
SALADOBLANCO	SA015	783238	700291
SALADOBLANCO	SA016	783400	700418
SALADOBLANCO	SA017	783419	700419
SALADOBLANCO	SA018	783447	700431
SALADOBLANCO	SA019	783272	700405
SALADOBLANCO	SA020	783447	700391
SALADOBLANCO	SA001	783031	700321
SALADOBLANCO	SA002	783019	700302
SALADOBLANCO	SA003	782995	700294
SALADOBLANCO	SA004	782969	700275
SALADOBLANCO	SA005	782957	700229
SALADOBLANCO	SA006	782952	700198
SALADOBLANCO	SA007	782968	700177
SALADOBLANCO	SA008	783336	700406

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
SALADOBLANCO	SA009	783324	700399
SALADOBLANCO	SA010	783308	700349
SALADOBLANCO	SA011	783306	700325
SALADOBLANCO	SA012	783277	700310
SALADOBLANCO	SA013	783263	700314
SALADOBLANCO	SA014	783242	700303
SALADOBLANCO	SA015	783232	700287
SALADOBLANCO	SA016	783399	700419
SALADOBLANCO	SA017	783418	700424
SALADOBLANCO	SA018	783441	700435
SALADOBLANCO	SA019	783468	700403
SALADOBLANCO	SA020	783450	700381
SALADOBLANCO	SA001	783032	700314
SALADOBLANCO	SA002	783022	700309
SALADOBLANCO	SA003	782989	700298
SALADOBLANCO	SA004	782977	700267
SALADOBLANCO	SA005	782949	700232
SALADOBLANCO	SA006	782955	700192
SALADOBLANCO	SA007	782974	700176
SALADOBLANCO	SA008	783337	700403
SALADOBLANCO	SA009	783322	700392
SALADOBLANCO	SA010	783308	700357
SALADOBLANCO	SA011	783295	700316
SALADOBLANCO	SA012	783277	700313
SALADOBLANCO	SA013	783259	700307

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
SALADOBLANCO	SA014	783241	700300
SALADOBLANCO	SA015	783230	700280
SALADOBLANCO	SA016	783410	700418
SALADOBLANCO	SA017	783420	700417
SALADOBLANCO	SA018	783442	700436
SALADOBLANCO	SA019	783461	700401
SALADOBLANCO	SA020	783451	700379
TIMANÁ	TIO1	785392	697379
TIMANÁ	TIO2	785373	697397
TIMANÁ	TIO3	785369	697434
TIMANÁ	TIO4	785893	697452
TIMANÁ	TIO5	785253	697631
TIMANÁ	TIO6	785231	697679
TIMANÁ	TIO7	785231	697677
TIMANÁ	TIO8	785877	700671
TIMANÁ	TIO9	785872	700639
TIMANÁ	TIO10	785856	700610
TIMANÁ	TIO11	785877	700591
TIMANÁ	TIO12	785889	700567
TIMANÁ	TIO13	785946	700461
TIMANÁ	TIO14	785933	700461
TIMANÁ	TIO15	785915	700463
TIMANÁ	TIO16	783939	699600
TIMANÁ	TIO17	783929	699596
TIMANÁ	TIO18	783918	699591

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
TIMANÁ	TIO19	783881	699620
TIMANÁ	TIO20	783853	699613
TIMANÁ	TIO1	785390	697381
TIMANÁ	TIO2	785374	697398
TIMANÁ	TIO3	785372	697439
TIMANÁ	TIO4	785358	697471
TIMANÁ	TIO5	785238	697654
TIMANÁ	TIO6	785234	697670
TIMANÁ	TIO7	785227	697681
TIMANÁ	TIO8	785873	700665
TIMANÁ	TIO9	785874	700638
TIMANÁ	TIO10	785858	700609
TIMANÁ	TIO11	785877	700589
TIMANÁ	TIO12	785892	700566
TIMANÁ	TIO13	785947	700460
TIMANÁ	TIO14	785328	700460
TIMANÁ	TIO15	785915	700463
TIMANÁ	TIO16	783931	699602
TIMANÁ	TIO17	783930	699597
TIMANÁ	TIO18	783916	699590
TIMANÁ	TIO19	783878	699624
TIMANÁ	TIO20	783849	699614
TIMANÁ	TIO1	785377	697393
TIMANÁ	TIO2	785371	697398
TIMANÁ	TIO3	785368	697439

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
TIMANÁ	TIO4	785356	697475
TIMANÁ	TIO5	785241	697654
TIMANÁ	TIO6	785230	697673
TIMANÁ	TIO7	785226	697687
TIMANÁ	TIO8	785876	700659
TIMANÁ	TIO9	785861	700635
TIMANÁ	TIO10	785860	700605
TIMANÁ	TIO11	785877	700588
TIMANÁ	TIO12	785895	700564
TIMANÁ	TIO13	785951	700460
TIMANÁ	TIO14	785924	700462
TIMANÁ	TIO15	785918	700464
TIMANÁ	TIO16	783941	699602
TIMANÁ	TIO17	783925	699596
TIMANÁ	TIO18	783914	699596
TIMANÁ	TIO19	783871	699614
TIMANÁ	TIO20	783847	699611
URBANO	URB001	782893	696514
URBANO	URB002	782892	696529
URBANO	URB003	782884	696542
URBANO	URB004	779725	696945
URBANO	URB005	779704	696929
URBANO	URB006	779721	696924
URBANO	URB007	779732	696906
URBANO	URB008	779745	696893

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
URBANO	URB009	779746	696876
URBANO	URB010	779804	696796
URBANO	URB011	779802	696789
URBANO	URB012	779759	696858
URBANO	URB013	778707	697278
URBANO	URB014	778694	697277
URBANO	URB015	778704	697290
URBANO	URB016	778710	697207
URBANO	URB017	778726	697325
URBANO	URB001	782892	696515
URBANO	URB002	782889	696531
URBANO	URB003	782877	696541
URBANO	URB004	779721	696942
URBANO	URB005	779704	696926
URBANO	URB006	779728	696912
URBANO	URB007	779736	696899
URBANO	URB008	779749	696889
URBANO	URB009	779741	696870
URBANO	URB010	779801	696794
URBANO	URB011	779707	696786
URBANO	URB012	779755	696862
URBANO	URB013	778698	697281
URBANO	URB014	778695	697278
URBANO	URB015	778699	697292
URBANO	URB016	778708	697302

Ruta	Colección	Coordenadas	
		X	Y
URBANO	URB017	778723	697320
URBANO	URB001	782893	696518
URBANO	URB002	782890	696534
URBANO	URB003	782858	696535
URBANO	URB004	779717	696937
URBANO	URB005	779710	696922
URBANO	URB006	779704	696915
URBANO	URB007	779728	696900
URBANO	URB008	779746	696880
URBANO	URB009	779750	696872
URBANO	URB010	779800	696795
URBANO	URB011	779392	696781
URBANO	URB012	779752	696867
URBANO	URB013	778690	697280
URBANO	URB014	778699	697284
URBANO	URB015	778698	697224
URBANO	URB016	778707	697300
URBANO	URB017	778721	697315

Anexo 2: Rótulo utilizado para la identificación de las muestras

Anexo 2. Rótulo utilizado para la identificación de las muestras

NUMERO DE COLECCIÓN			
NOMBRE PROYECTO	CAPTURA DE CO2 EN LA GUADUA PITALITO HUILA		
RESPÓNSABLE	Gustavo Adolfo Ramírez Córdoba		
ESPECIE COLECTADA	Guadua angustifolia Kunth		
PESO FRACCIONES:	PF	PI	PS
MADERA (GR)			
RAMA (GR)			
HOJAS (GR)			
FECHA DE RECOLECCION:			
FECHA DE INGRESO HORNO:			
HORA INGRESO HORNO:			

Anexo 3: Planilla de recolección de información en campo

		UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA "UNAD" GRUPO DE INVESTIGACION INYUMACIZO ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE - ECAPMA			
Fecha: _____	<table border="1"> <tr> <td>Número de Colección:</td> <td></td> </tr> </table>			Número de Colección:	
Número de Colección:					
INFORMACION GENERAL					
PROPIETARIO: _____	FINCA: _____				
SEXO: F _____ M _____	OCUPACIÓN: _____				
CELULAR: _____					
CORREGIMIENTO: _____	MUNICIPIO: _____				
VEREDA: _____	DEPARTAMENTO _____				
MUESTREO EN CAMPO					
MUESTRA No. 1					
LONGITUD TOTAL:		LONGITUD COMERCIAL:			

ALTURA DE FUSTE:												
DAP:												
CAP:												
	1ra SECCIÓN				2da SECCIÓN				3ra SECCIÓN			
CANUTO:												
CIRCUNFERENC:												
ESPEJOR MADE:												
PESO FRACCION												
MADERA (gr):												
RAMAS (gr):												
HOJAS (gr):												
COORDENADAS:												
X:						Y:						

MUESTRA No. 2												
LONGITUD TOTAL:					LONGITUD COMERCIAL:							
ALTURA DE FUSTE:												
DAP:												
CAP:												
	1ra SECCIÓN				2da SECCIÓN				3ra SECCIÓN			
CANUTO:												
CIRCUNFERENC:												
ESPEJOR MADE:												
PESO FRACCION												
MADERA (gr):												
RAMAS (gr):												
HOJAS (gr):												
COORDENADAS:												
X:						Y:						

MUESTRA No. 3												
LONGITUD TOTAL:					LONGITUD COMERCIAL:							
ALTURA DE FUSTE:												
DAP:												
CAP:												

	1ra SECCIÓN			2da SECCIÓN			3ra SECCIÓN		
CANUTO:									
CIRCUNFERENC:									
ESPEJOR MADE:									
PESO FRACCION									
MADERA (gr):									
RAMAS (gr):									
HOJAS (gr):									
COORDENADAS:									
X:					Y:				
Colector,									
Nombre(s) Apellidos				Documento Identidad				Firma	

Anexo 4: Trabajo de campo

PASO A PASO TRABAJO EN CAMPO

1. solicitud permiso y exposición
Proyecto de investigación a los propietarios



2. corte culmos de guadua
al azar en el rodal



3. Toma medidas dasometricas
Longitud Comercial y de Fuste



4. Toma de muestras
Madera y Ramas



5. Toma puntos de Georreferenciación



6. Diligenciamiento de Datos
e información en formatos y rótulos



7. Toma de medidas longitud, circunferencia
Y espesor Canutos, CAP, DAP



8. Recolectión de muestra de Hojas



9. Pesado y Rotulado de las muestras



Anexo 5: Proceso de secado

PASO A PASO PROCESO DE SECADO

10. Proceso de empaclado de las muestras



12. Muestras Secas Pesado y Análisis, estimación de la biomasa aérea recolectada



11. Adecuación del Horno pesado inicial e ingreso de las muestras a secado

