

CUANTIFICACIÓN DE CARBONO EN PLANTACION DE GUADUA *Guadua angustifolia* Kunth CHACHAGÜI, NARIÑO.

**QUANTIFICATION OF CARBON IN A GUADUA PLANTATION
Guadua angustifolia Kunth AT CHACHAGÜI, NARIÑO.**

Javier Aníbal León Guevara¹
Dolly del Socorro García Folleco²
Pablo Roberto Pérez Andrade²

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el centro ambiental de fomento de la guadua, ubicado en el Municipio de Chachagüi departamento de Nariño, vereda Mata Redonda a dos Km, de la cabecera municipal, finca Villa Loyola, propiedad de la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), a una altura de 1877msnm, con una temperatura promedio de 21°C; precipitación de 2000 a 2500 mm/año, teniendo como objetivo determinar la cuantificación de carbono en una plantación de Guadua, *Guadua angustifolia* Kunth de siete años, de regeneración natural, con un total de 2.500 individuos ha⁻¹, se aplicó la metodología generada (MacDiken 1997), y bases metodológicas de la Fundación Solar, las cuales fueron adaptadas para generar el modelo de carbono en *Guadua angustifolia* Kunth. Con el propósito de promover la captura de carbono se desarrolló un modelo de biomasa aérea total de la forma $Y = a + b/X$ para la especie *G. angustifolia*. Se presentó alta correlación entre el diámetro a la altura del pecho (dap) y la variable independiente ajustada ($P < 0.05$). La cantidad de biomasa aérea en promedio acumulada en *G. angustifolia* fue de 6,57kg/individuo, por tanto, cuya acumulación generó 19,1tn ha⁻¹ y para la totalidad de la finca se estima 343,8tn en el área de estudio (18ha⁻¹).

¹ Ingeniero Agroforestal MS.c. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño

² Estudiante de Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Tesista Investigadora.

² Estudiante de Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Tesista Investigador

PALABRAS CLAVE. Modelos de biomasa, servicios ambientales, biomasa aérea, materia seca, gramíneas, fracción de carbono, guadua angustifolia.

ABSTRACT

The following paper was carried out at “Centro Ambiental de Fomento de la Guadua”(Guadua Development Center) located in the Mata Redonda town, in the municipality of Chachagüí, department of Nariño two kilometers far from Villa Loyola farm. The place is situated 1877 msnm. with an average temperature of 21°C; having an average annual rainfall from 2000mm to 2500mm. The main purpose of this paper is to determine the carbon quantification in a seven-year old guadua plantation, *Guadua angustifolia* Kunth, naturally regenerated with a total of 2500 guadua species per hectare. For this research the methodology generated by MacDiken as well as some methodological basis taken from “Fundación Solar” were compiled and applied. All of them were adapted as a way to create the carbon model in *Guadua angustifolia* Kunth. For the purpose of promote the carbon capture, a total aerial biomass model $Y = a + b / X$ for the *Guadua angustifolia* specie was developed. Were, a high correlation between the diameter at breast high (dap) and the adjusted independent variable ($P < 0.05$) was presented. The average quantity of aerial biomass accumulated in *Guadua angustifolia* was 6,57kg/each. Such accumulation generated 19,1tn/ha and 343,8tn in the whole farm and study area (18ha).

KEY WORDS

Biomass models, Environmental services, Aerial biomass, Dry matter, Carbon fraction, Guadua angustifolia.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, se reporta la existencia de 73 especies de bambúes leñosos y 26 especies de herbáceos, para un total de 99 especies, los inventarios recientes indican que en el país, existen aproximadamente 51.000 ha⁻¹ de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, con una concentración de guaduales en la región del Eje Cafetero, específicamente en los

departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Tolima, en donde crece espontáneamente en un área aproximada de 18,000 ha⁻¹; departamentos como Nariño tiene cultivos de guadua con manejo dentro de la finca, principalmente para conservación de fuentes hídricas (Benavente, 2005).

En Colombia, ha tenido sentido enfocar la atención hacia la restauración y mantenimiento de ecosistemas degradados, empleando ésta especie como opción estratégica en la provisión de bienes servicios ambientales (Sociedad Colombiana de Bambú, 2005). El aire que garantiza la supervivencia de los seres vivos, cada día se encuentra mas contaminado por la exagerada producción de gas carbónico; es aquí, donde la planta juega un papel supremamente importante, pues una de las especies vegetales con mayor capacidad de captura de gas carbónico es la guadua (Corporación Autónoma Regional, 2004).

Debido al dinamismo y las altas tasas de renobabilidad que se sucede en los guaduales en el espacio y en el tiempo, estos generan acelerados procesos fotosintéticos que propician el intercambio gaseoso entre carbono atmosférico y oxígeno; gran parte del carbono que es producto de este intercambio, es asimilado y/o almacenado para luego ser convertido en materia prima o en su defecto almacenado en el suelo. En síntesis la función que cumple el guadual es eliminar mediante su captura Dióxido de Carbono (CO₂) que se encuentre en exceso en el ambiente y lo traslade a su ciclo biológico, lo retenga durante determinado periodo de tiempo dentro de su composición estructural sea la horizontal o vertical (Giraldo, 2002).

El proceso de sumisión de carbono por parte de la Guadua, es evidente y reconocible el rol de estos como reservorios que están aportando positivamente a disminuir el cambio climático que aceleradamente se viene sucediendo a nivel global; queda claro entonces que la permanencia de este prototipo de bosques tan especializados y de alta dinámica están influyendo sobre el ciclo global de Carbono (Giraldo, 2002).

Las emisiones de carbono son dinámicas y se dan día a día, año a año, también se pueden estimar para la vida de una persona (sin embargo la generación en este caso puede tener

oscilaciones muy grandes). La captura de carbono por la siembra de árboles es dinámica en el tiempo pero tiene un límite claramente definido por árbol plantado y éste corresponde a la biomasa total que almacena. Un cálculo sencillo permite estimar la generación anual de carbono por persona entre 0.5 y 1.0 tn; tomando una población de referencia de 5 millones de habitantes, Bogotá emite por año entre 2.5 y 5 millones de tn de Carbono. Cifra dinámica, pues es año a año y creciente igual que el número de habitantes. Un árbol, en función de la biomasa puede almacenar entre 0.25 y 1.5 tn de carbono, la ciudad alberga entre 2 y 3 millones de árboles; tomando como medio un valor por árbol de 1.0 tn de carbono, lo máximo en almacenamiento de carbono por los árboles plantados está entre 2.0 y 3.0 millones de tn, lo equivalente a la generación de carbono en un año de la ciudad (Devia, 2007).

Ésta investigación pretende contribuir al desarrollo en el tema de la captura de carbono debido a que en lo correspondiente a una especie promisoriosa como lo es la Guadua, *G. angustifolia* es escasa, es por eso que es de mucha importancia el desarrollo de este sondeo dentro del plan de acción trianual de Corponariño (Corporación Autónoma de Nariño, 2004), debido a que es necesario registrar la concentración de carbono y generar una línea base para el manejo de las reservas y bosques de la corporación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El centro ambiental de fomento de la guadua (CORPONARIÑO), está ubicado en el Municipio de Chachagüí, vereda Mata Redonda, finca Villa Loyola, a una altura de 1877msnm, precipitación de 2000 a 2500 mm/año y temperatura promedio de 21°C. Los suelos presentan características físicas de arenoso limoso, franco, franco arenoso, franco limoso rico en materia orgánica bien drenado y húmedo, con un pH que varía entre 5.5 a 6.0 (Corporación Autónoma de Nariño, 2004). En la zona de muestreo se encontró 2500 individuos ha⁻¹ y 45000 individuos en toda el área de estudio (18ha⁻¹) distribuidos aleatoriamente.

Metodología. Según las especificaciones propuestas en la metodología de MacDiken, 1997 y Brown, 1982, los modelos de biomasa pueden ser construidos mediante un muestreo destructivo, usando un mínimo de 20 árboles bien seleccionados en un área homogénea, con 8 parcelas en un área de 625m² cada una, para un espacio de (18ha⁻¹). La selección de los individuos para cálculo de biomasa se realizó aleatoriamente (3 individuos/parcela), haciendo un muestreo destructivo a los que se les realizó todos los análisis de laboratorio para determinar la cantidad de carbono almacenado en cada componente (fuste, ramas y hojas).

Fase de campo. Las unidades del muestreo de guadua *G. angustifolia*, se evaluaron mediante diámetro a la altura del pecho (dap) y altura total; se pesó cada muestra y se calculó la materia seca, teniendo en cuenta la metodología de Segura y Kanninen, 2002, quienes proponen la ecuación 1.

$$MS\% = \frac{PSM}{PFM} \times 100 \quad \text{Ecuación 1:}$$

Donde:

MS: porcentaje de materia seca.

PSM: peso seco de la muestra (gr).

PFM: peso fresco en campo (gr).

Para las 24 plantas se realizó el análisis de biomasa aérea (fuste, ramas y hojas) mediante la ecuación 2.

$$B = \frac{PFM \times MS}{100} \quad \text{Ecuación 2:}$$

Donde:

B.: Biomasa aérea (gr).

PFC: peso fresco tomado en el campo (gr).

MS: materia seca (%).

Para estimar el carbono almacenado, se utilizó la ecuación 3 (Ávila, 2000).

$$CA = B_i \times FC \quad \text{Ecuación 3:}$$

Donde:

CA: carbono almacenado (kg).

B_i: biomasa total (kg).

FC: fracción de carbono.

Los individuos en evaluación, se aparearon haciendo un corte a ras del suelo, posteriormente se midió la longitud del fuste y se clasificó por componentes (fuste, ramas y hojas), luego se pesaron para determinar la biomasa fresca de cada uno, posteriormente se tomaron muestras representativas de cada componente que fueron llevados al horno a 80°C por 72 horas, para secarse hasta alcanzar peso constante y determinar la materia seca, contenido de humedad y biomasa, datos que se generaron en los laboratorios de la Universidad de Nariño. La masa seca de cada planta, se obtuvo haciendo la sumatoria de todas las masas secas de los componentes de cada individuo.

Análisis estadístico. A partir de los datos obtenidos, se realizó el ajuste, selección y validación del modelo para estimar la biomasa aérea evaluada con los estadígrafos: coeficiente de determinación (R^2), cuadrado medio del error (CME), Suma de cuadrados del error (PRESS), homogeneidad de varianzas y diferencias estadísticas no significativas entre las medias de los valores predichos y los observados. Se utilizó el programa

estadístico STATGRAPHIC Plus Versión 5.1. Los datos se organizaron en las variables: diámetro a la altura del pecho (dap), altura Total (hT), Biomasa aérea Total (Bt).

Con base en los modelos desarrollados en esta investigación, se realizó la estimación de Biomasa total y carbono por planta y por hectárea, finalmente, los datos encontrados, de biomasa aérea total de cada individuo se multiplicaron por la Fracción de Carbono 0.5 (MackDicken, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de carbono en la biomasa aérea. Se observan los valores de biomasa y carbono para cada uno de los componentes evaluados en los individuos (fuste, ramas y hojas), así como los respectivos diámetros y alturas. En promedio se encontró una biomasa aérea de 6,57kg/individuo, por tanto, se calcula una acumulación de 19,1tn de biomasa aérea/ ha⁻¹ (2500 individuos) y 343,8tn en el área de estudio (18ha⁻¹). La cantidad de carbono presente en el cultivo evaluado, fue de 9,55tnC ha⁻¹ y de 171,9tnC para las 18ha⁻¹. (Tabla 1).

Con los valores anteriores se afirma que la especie *Guadua angusifolia* Kunth es uno de los ejemplares con mayor capacidad de captura de gas carbónico que existe, lo cual conlleva al mejoramiento del intercambio gaseoso para beneficio del medio ambiente y por ende para la vida humana (Corporación Autónoma Regional de Nariño, CORPONARIÑO 2004).

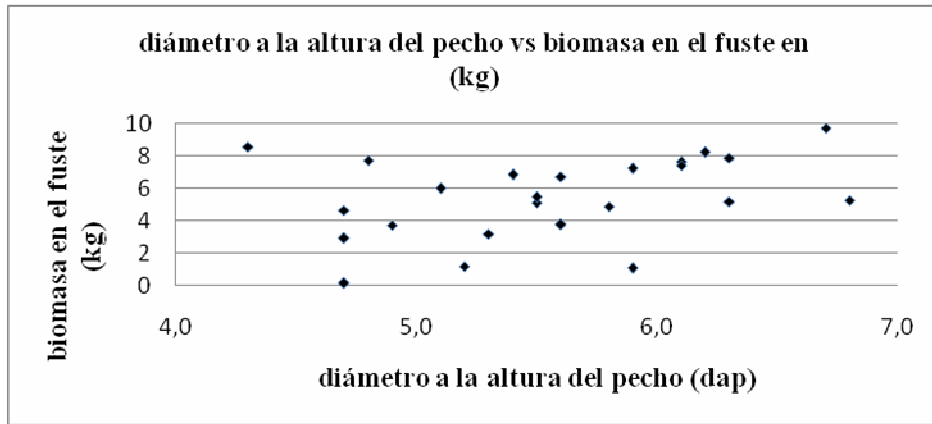
Tabla 1. Contenido de carbono en la biomasa por componente (hojas, ramas y fustes) de la especie *G. angustifolia* Kunth.

Árbol	dap (cm)	Altura (m)	Biomasa por componente (kg)			Biomasa aérea Total(kg/ind)	Carbono (kg/ind)
			Biomasa hojas (kg)	Biomasa ramas (kg)	Biomasa Fuste (kg)		
1	4,70	8,30	0,10	1,54	0,15	1,79	0,89
2	6,20	9,20	0,14	1,28	8,21	9,63	4,81
3	5,60	8,80	0,14	0,43	6,71	7,28	3,64
4	6,70	9,40	0,18	0,94	9,70	10,82	5,41
5	6,30	10,20	0,11	0,47	5,16	5,74	2,87
6	4,90	8,90	0,14	1,28	3,73	5,15	2,57
7	4,70	6,60	0,10	0,68	2,91	3,70	1,85
8	5,40	7,70	0,28	1,28	6,84	8,39	4,20
9	6,80	9,80	0,13	1,31	5,23	6,67	3,34
10	6,80	8,90	0,17	0,64	4,87	5,68	2,84
11	5,50	9,60	0,22	0,56	5,12	5,90	2,95
12	4,30	6,50	0,25	1,24	8,57	10,06	5,03
13	4,80	6,10	0,17	1,27	7,72	9,16	4,58
14	5,60	8,90	0,15	0,86	3,75	4,76	2,38
15	5,90	9,20	0,12	0,89	1,07	2,08	1,04
16	5,50	7,80	0,14	0,66	5,45	6,25	3,12
17	4,70	6,30	0,12	1,27	4,62	6,01	3,01
18	5,20	8,90	0,15	0,87	1,16	2,18	1,09
19	6,10	9,80	0,14	1,29	7,61	9,04	4,52
20	5,90	9,10	0,17	0,93	7,22	8,32	4,16
21	5,10	7,90	0,15	0,88	5,98	7,01	3,51
22	6,30	10,30	0,11	1,25	7,85	9,21	4,61
23	6,10	10,10	0,17	1,21	7,41	8,79	4,40
24	5,30	7,90	0,16	0,65	3,20	4,01	2,01
prom	5,56	8,59	0,15	0,99	5,43	6,57	3,28

Fuente: ésta investigación.

Biomasa en el fuste. Existe una variación proporcional en la acumulación de biomasa en el fuste con respecto al diámetro, encontrando una concentración significativa entre los diámetros 4.3cm y 6,3cm (Figura1). El 60% del total de biomasa que se da en árboles se presenta en el fuste, lo que significa que la mayor acumulación de biomasa se obtiene en ésta parte del individuo (Corma, 2008).

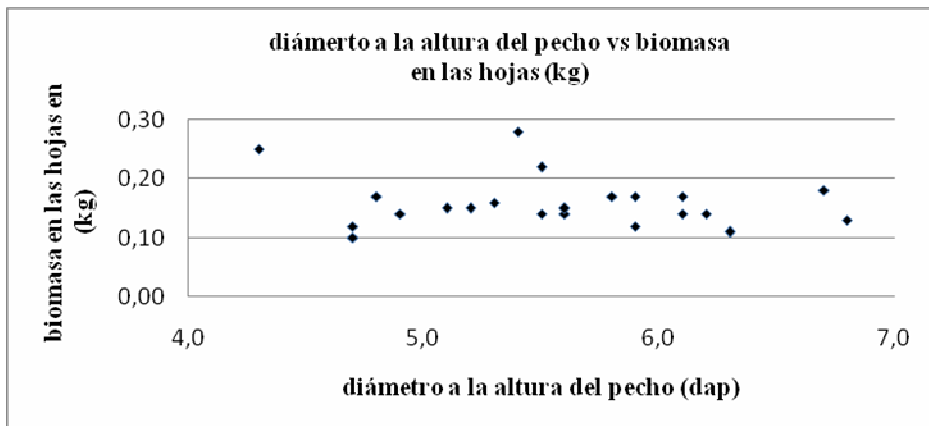
Figura 1. Diámetro al altura del pecho vs biomasa en el fuste



Fuente: ésta investigación

Biomasa en hojas. La distribución general de acumulación de biomasa en las hojas, presenta valores semejantes entre los diferentes diámetros a la altura del pecho (dap), reflejando una acumulación mayor para los diámetros entre 4,3cm y 5,4cm con 0,25kg y 0,28kg respectivamente (figura 2). El diámetro es directamente proporcional a la acumulación de biomasa en el componente hojas; los diámetros que tienen una menor acumulación de hojas, se pueden ver afectados por la sombra proporcionada por los individuos que estén a su alrededor (Escobar y Hernández, 2001).

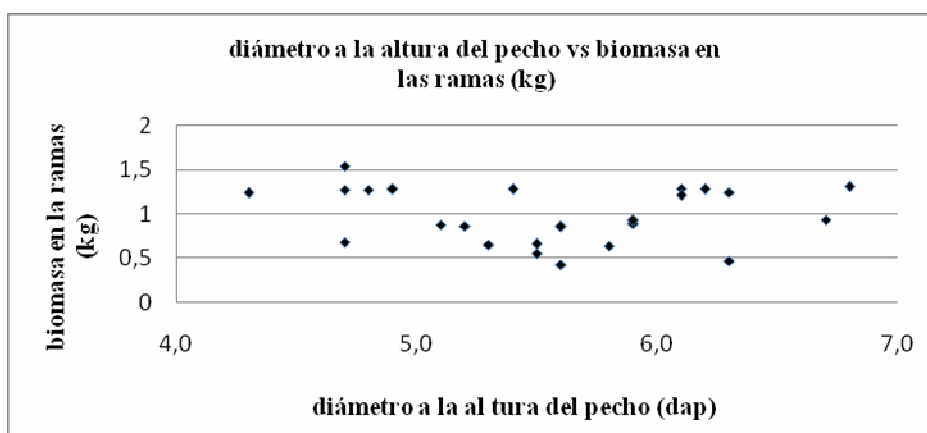
Figura 2. Diámetro al altura del pecho vs biomasa en las hojas



Fuente: ésta investigación.

Biomasa en ramas. Los diámetros entre 5,2cm y 5,9cm muestran una disminución en la acumulación de biomasa y a medida que se incrementa el diámetro hasta 6,8cm se amplía esta acumulación, exceptuando el diámetro de 6,7cm que tiene un acopio de 0,43kg (figura 3). La mayor acumulación de biomasa se encuentra entre los diámetros 4,3cm y 4,9cm, debido a que en las primeras etapas de crecimiento, se presenta una mayor producción de ramas (Vélez, 2005).

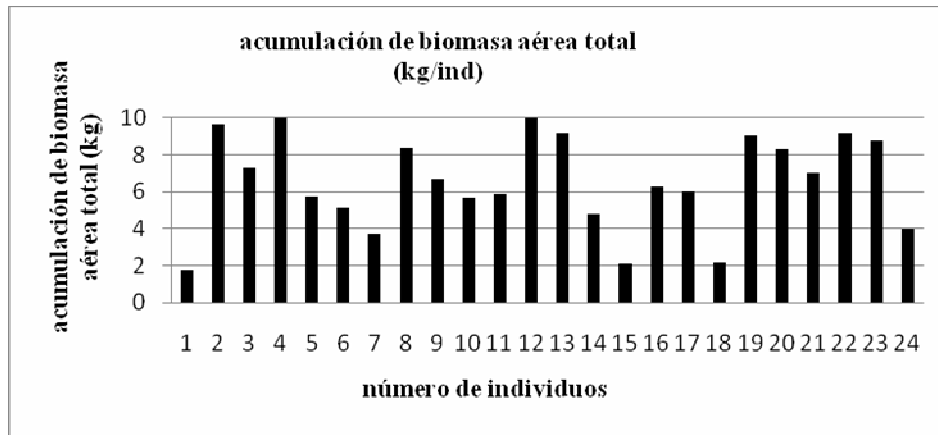
Figura 3. Diámetro al altura del pecho vs biomasa en las ramas



Fuente: ésta investigación.

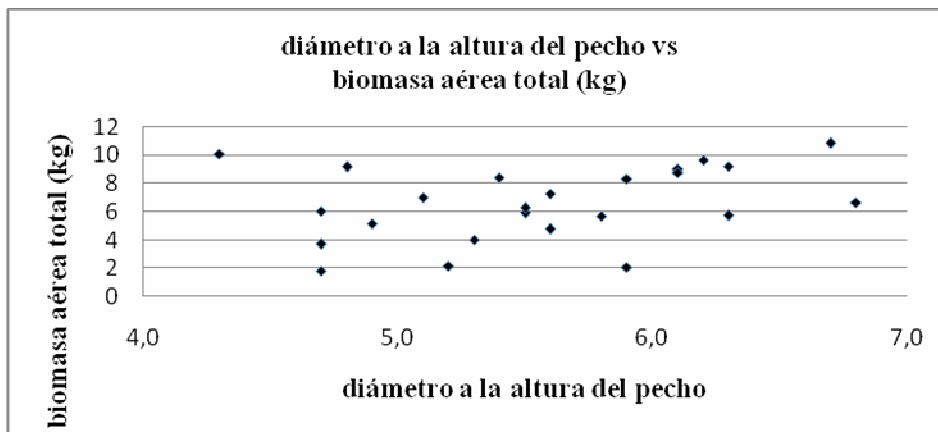
3.5 Biomasa aérea total y carbono de la especie *Guadua G. angustifolia*. Las mayores acumulaciones de la biomasa aérea esta dada en el fuste exceptuando la muestra número uno (1) que tiene una mayor acumulación de biomasa en las ramas. La acumulación de carbono está dada teniendo en cuenta la fracción de carbono utilizada de 0,50 (MacDiken, 1997). (Figura 4), la mayor acumulación de biomasa se da en los diámetros de mayor proporción (figura 5).

Figura 4. Biomasa aérea total



Fuente: ésta investigación

Figura 5. diámetro a la altura del pecho (dap)



Fuente: ésta investigación

Ecuaciones alométricas de biomasa aérea total: Las plantas presentaron un promedio dimétrico de 5.56cm con una biomasa total aérea de 6,57kg y 8.64m de altura total promedio. La desviación estándar de cada variable en la población muestreada, determina una moderada dispersión de los valores respecto al promedio (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de la población muestreada de *G. angustifolia*

Variable	Promedio	Minimo	Maximo	Desv. Estandar
Dap (cm)	5,56	4,70	6,70	0,77
Altura Total (m)	8,64	6,60	10,20	1,10
Biomasa aérea total (kg)	6,57	1,78	13,06	3,53

dap: diámetro a la altura del pecho (1,30m)

Fuente: ésta investigación.

La muestra de individuos evaluados (medidas, apeadas y pesadas), para la estimación de ecuaciones de biomasa aérea total está constituida por 24 individuos de *G. angustifolia*, tamaño de muestra que se encuentra dentro del rango mínimo reportado en la literatura para realizar modelos de regresión por especie (MacDiken 1997, citado por Zapata, Colorado y del Valle 2003).

De acuerdo al análisis estadístico obtenido, se generó el modelo con mejor ajuste para la especie *G. angustifolia* (Tabla 3), en el que se presenta el diámetro a la altura de pecho (dap) como variable independiente predictora.

Tabla 3. Modelo adaptado para estimar biomasa aérea total en la especie *Guadua angustifolia*.

Variable independiente	Modelo	A	B	R ²	CME	PRESS
Biomasa aérea total	$Y = a+b/x$	34,1841	-145,181	91,65	1,63	6,54

Y = variable independiente; X: Diámetro a la altura del pecho en cm (dap); a y b Coeficiente de regresión; R². Coeficiente de determinación; CME. Cuadrado medio del error; PRESS. Suma de cuadrado del error.

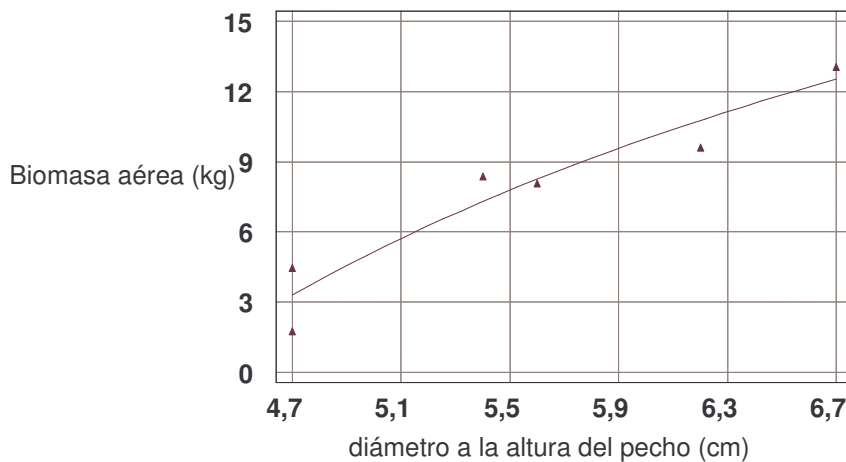
Fuente: ésta investigación

En el modelo escogido se determinó la presencia de una observación remota “outliers” que presentó problemas de residuales estandarizados superiores a dos desviaciones estándar y por tanto fue descartada.

El modelo de las ecuaciones indica que existe una alta correlación entre el diámetro a la altura de pecho (dap) y la variable independiente ajustada ($P < 0.05$), el diámetro a la altura del pecho es la variable predictora más significativa de la biomasa aérea (Zapata, Orrego y Colorado, 2003).

La ecuación satisface el supuesto de normalidad de las varianzas y la comparación de medias realizada a través de una prueba de t , lo que indica que no existen diferencias significativas entre las medias de los valores observados y los valores predichos para un nivel de confianza del 95% (Figura 6).

Figura 6. Línea de tendencia del modelo $Ba \text{ (kg)} = 34,1841 - 145,181/dap \text{ (cm)}$



Fuente. ésta investigación.

Estimaciones de biomasa aérea total *G. angustifolia*. A partir del modelo desarrollado en esta investigación (Tabla 3) se realizaron algunas estimaciones de biomasa aérea total (Tabla 4), tomando valores de 5cm a 20cm de diámetro a la altura de pecho (dap), teniendo en cuenta el rango de distribución de la población.

En promedio, se estimó que un individuo de *G. angustifolia* en el municipio de Chachagüí (Nariño), con un diámetro a la altura del, pecho (dap) de 12cm, muestra una biomasa aérea

de 18.8kg, representando una acumulación de carbono de 9.42kgC. Por tanto, una hectárea de bosque de guadua sembrado a una distancia de 3m x 3m (1.111 individuos ha⁻¹), representaría una acumulación de biomasa aérea y carbono de 20,93tnha⁻¹ y 10,47 tnC ha⁻¹, respectivamente.

Tabla 4. Estimaciones de biomasa aérea para la especie *G. angustifolia*.

Diámetro a la altura del pecho (cm).	Biomasa aérea (kg).
5	5,15
6	9,99
7	13,44
8	16,03
10	19,67
12	22,09
14	23,81
16	25,11
18	26,12
20	26,93
Prom. 12	8,83

dap (cm): diámetro a la altura del pecho; Ba: Biomasa aérea

Fuente: ésta investigación

Los datos estimados en esta investigación son inferiores a los obtenidos en el estudio de existencia de carbono en la parte aérea de la gramínea *Pennisetum clandestinum* en la cual se obtuvo 4,78tnC ha⁻¹, este comportamiento se puede explicar porque los potreros a campo abierto acumulan mayor cantidad de biomasa y carbono que otros cultivos puros (Giraldo, et., al 2003).

CONCLUSIONES

La cantidad biomasa aérea en promedio acumulada en *G. angustifolia* es de 6,57kg/individuo, por tanto, la acumulación es de 19,1tn ha⁻¹ y para la totalidad de la finca se obtuvo 343,8tn en el área de estudio (18ha⁻¹).

El modelo que mejor predice la acumulación de biomasa y carbono, es de la forma $Ba \text{ (kg)} = 34,1841 - 145,181/dap \text{ (cm)}$, con un coeficiente de determinación de 91,65%.

La variable independiente que mejor predice la biomasa aérea, es el diámetro a la altura del pecho (dap) a diferencia de la altura que presentó coeficientes de determinación inferiores al 30%.

Se estimó en promedio que un individuo de *G. angustifolia* en el municipio de Chachagüí (Nariño), con un dap de 12cm, presenta una biomasa aérea de 18.83kg y una acumulación de carbono de 9.42kgC.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Nariño y la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), por la colaboración indispensable y desinteresada que tuvieron al facilitar sus instalaciones donde se desarrollo esta investigación.

A los docentes de la facultad de ciencias agrícolas por los aportes y colaboración para la culminación de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ÁVILA, G. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 2000. 99 p.

BENAVENTE, Claudia La guadua, un bambú protector. En: El periódico. [En línea] Guatemala, 30 de abril de 2005 [citado el 15 de agosto de 2008]. Disponible en: URL:<<http://www.elperiodico.com.gt/es/20050430/14/15514/>>

BROWN, S. the storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*, 1982. 161-187 p.

CORMA. Actividad forestal; mitigación del efecto invernadero. [en línea]. CORMA [citado, el 17 de agosto de 2008]. Disponible en Internet:

URL:<www.disaster-info.net/.../el_salvador/presentaciones-pdf/El-cambio-climatico-Ing-Hugo-Sambrana-18.pdf>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO. Plan de acción trienal 2004 – 2006. CORPONARIÑO. Pasto, Junio de 2004 12p.

DEVIA, Carlos Alfonso Profesor Investigador Pontificia Universidad Javeriana cdevia@javeriana.edu.co. 2007

ESCOBAR, B y HERNANDEZ, R. Efecto de la sombra arbórea sobre hábitos de pastoreo y consumo en bovinos en Santa Elena y Cauca. Trabajo de grado Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Medellín.

Fundación Solar. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono. Guatemala, 2000. 29p.

GIRALDO, Luis Alfonso, et., al. Estimación de la existencia de carbono en el sistema silvopastoril *Acacia decurrens* con *Pennisetum clandestinum*. En: Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático. 2003. p. 297.

GIRALDO HERRERA, Edgar. Bienes y servicios ambientales de la guadua en Colombia (Guadua Angustifolia Kunth). Colombia. 9p.

MACDIKEN, K. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. 1997. 87p

ORTIZ, Ángela; RIASCOS, Lorena y SOMARRIBA, Eduardo. Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao*) y laurel (*Cordia alliodora*). Revista Agroforestería en las Américas, edición 46, 2006, p. 26.

SEGURA, M. y KANNINEN, M. Inventarios para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Eds. Orozco, L; Brumér, C. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 2002. p 202-222.

SOCIEDAD COLOMBIANA DEL BAMBÚ. Investigaciones. En línea] Guatemala, 30 de abril de 2005 [citado el 15 de agosto de 2008]. Disponible en: URL:<http://www.bambuguadua.org/index.php?option=com_content&task=view&id=48&Itemid=133>

VELEZ, Simón. La guadua angustifolia; El bambú colombiano. [en línea]. [citado, el 19 de agosto de 2008]. Disponible en Internet: URL:<http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0205108-154624//06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf>

ZAPATA, Mauricio; COLORADO, G.J. y DEL VALLE, Jorge. Ecuaciones de biomasa aérea para bosques primarios intervenidos y secundarios. En: ORREGO, S.A; DEL VALLE, J.I. y MORENO F.H. Medición de la captura de Carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2003. p. 87-119.