

CUANTIFICACIÓN DE CARBONO TOTAL DEL COMPONENTE ALISO (*Alnus jorullensis*) Y SUELO EN ARREGLOS AGROFORESTALES – MUNICIPIO DE PASTO, NARIÑO¹

Blanca Burbano²
Jenny Córdoba Manzo²
Javier León Guevara³

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental Botana, Pasto (Nariño), ubicada a una altura de 2820 msnm, con una temperatura y precipitación media anual de 12°C y 1031 mm, respectivamente. con el objetivo de evaluar la acumulación de carbono total en el componente arbóreo y el componente suelo en los arreglos agroforestales: Sistema Silvopastoril (SSP) y Cultivo en Callejones (CC). Para la estimación del carbono en el componente suelo se tomaron 3 muestras, extraídas en tres niveles de profundidad: 0-15 cm, 15-30cm y de 30-45cm por cada arreglo agroforestal. Luego, se analizaron por el método de Walkey & Black y se realizaron los cálculos en los respectivos arreglos agroforestales y profundidad.

En la construcción de los modelos alométricos para la predicción de la biomasa total del Aliso (*A. jorullensis*) bajo cada arreglo agroforestal señalado, se tuvo en cuenta anteriores investigaciones realizadas en la zona, sobre cuantificación de carbono en la biomasa aérea y en raíces de la especie. Con base a los datos obtenidos, se encontró que suelo en el SSP y CC, acumulan 312.8 TnC /ha y 251.5 TnC /ha, respectivamente, lo que representa que el carbono orgánico del suelo (COS) en el SSP es 20% superior al encontrado en el arreglo agroforestal cultivo en callejones, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de COS de los arreglos agroforestales evaluados.

Así mismo, se encontró que los mejores ajustes estadísticos fueron los modelos $BT_{ssp} (kg) = \exp(1,53734 + 0,193997 * DAP (cm))$; y $BT_{cc} (kg) = 0,612524 * DAP_{cc} (cm)^{1,37583}$, al presentar r^2 superiores al 96%. La suma del componente arbóreo y el componente suelo en cada arreglo agroforestal evaluado, señala que la acumulación de carbono en el Cultivo en callejones de la Granja Experimental Botana, municipio de Pasto es menor (115.8 TnC) al acumulado por el Sistema Silvopastoril (225.32 TnC).

Palabras claves: Carbono en suelo, biomasa total, ecuaciones alométricas, servicios ambientales.

¹ Artículo presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agroforestal Facultad de ciencias agrícolas Universidad de Nariño 2009

² Ingenieras agroforestales Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño.

³ Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. aleon@catie.ac.cr

**CUANTIFICACIÓN DE CARBONO TOTAL DEL COMPONENTE ALISO (*Alnus
jorullensis*) Y SUELO EN ARREGLOS AGROFORESTALES – MUNICIPIO DE
PASTO, NARIÑO**

SUMMARY

This investigation was carried out in the GRANJA EXPERIMENTAL BOTANA, located in Pasto, Nariño.

The objective was to evaluate the total accumulation of carbon in the trees and soil in agro forestal zones: such as Silvopastoril System and (SSP) and growing on paths (CC). In order to estimate the quantity of carbon in the soil three samples were taken from three different depths: 0-15 cm, 15-30cm, and 30-45 cm. in each agro forestal system.

Next the analysis was done using the Walkey & Black method and calculations were done in each of the agro forestal systems and at three different depths.

When making the allometric models for the prediction of the total biomass of Aliso (*A. jorullensis*) in every agro forestal zone, previous investigation carried out in the same zone regarding the quantification of carbon in the air biomass and roots of the species were taken into account. Based on the data obtained it was found that the soil in the SSP and CC, accumulates 312.8 TnC/ha and 251.5 TnC/ha, respectively, this shows that the organic carbon in the soil (COS) in the SSP is 20% greater than that found on the paths. However we did not find any significant statistical differences between the values of COS and the agro forestal zones evaluated.

Similarly it was found that the best statistical verifications were in the models BT ssp (Kg) = $\exp(1,53734 + 0,193997 * \text{DAP (cm)})$; and BT cc (Kg) = $0,612524 * \text{DAP cc (cm)}^1 + 1,37583$, presenting r^2 higher to 96%. adding the arboreal components and the soil component in each agro forestal system evaluated, indicates that the accumulation of carbon in the growing pathways is (115.8 TnC) less than the Silvopastoril System (225.32 TnC).

Clue words: Carbon in soil, total biomass, allometric equation, environmental services.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático global es uno de los principales problemas que enfrenta el mundo de hoy. Algunas manifestaciones de dicho cambio son un incremento de cerca de medio grado centígrado desde el siglo pasado y cambios en los regímenes hídricos. La concentración de gases de efecto invernadero -dióxido de carbono (CO₂), metano y óxidos nitrosos- en la atmósfera ha aumentado considerablemente, lo cual fortalece el efecto invernadero, con el consecuente sobrecalentamiento del planeta (Dixon, 1995).

Los gases de efecto invernadero (GEI) podrían reducirse a través de dos procesos: reducción de emisiones antropogénicas de CO₂ o creación y/o mejoramiento de los sumideros de carbono en la biosfera. La forestería puede contribuir a la mitigación del calentamiento global mediante la conservación, el secuestro y almacenamiento de carbono (IPCC, 2001). Algunos autores

consideran que los sistemas agroforestales como silvopastoriles, podrían acumular entre 1.1 y 2.2 Pg (10¹⁵g) en los próximos 50 años en todo el mundo. Sin embargo, la cantidad de investigación realizada en agroforestería es poca en comparación a otros usos de la tierra como bosques y plantaciones forestales (Andrade e Ibrahim, 2003).

Por tanto, es necesario desarrollar y promover investigaciones encaminadas a cuantificar con exactitud la cantidad de biomasa y Carbono presente en cada componente de los arreglos Agroforestales (SAF), y a determinar con certeza el precio que debería pagarse de acceder a un pago por este servicio en el mercado mundial (Sage y Sánchez, 2002). En este sentido, esta investigación busca cuantificar el carbono almacenado en los componentes Aliso (*Alnus jorullensis*) y suelo en los arreglos agroforestales Cultivo en Callejones y Silvopastoril en la Granja Experimental Botana (Universidad de Nariño), municipio de Pasto (Nariño). Además, se realizaron comparaciones de acumulación de carbono entre los dos arreglos y se construyeron modelos alométricos de biomasa total para la especie.

DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación se realizó en la Granja Experimental Botana (Universidad de Nariño), municipio de Pasto (Nariño), ubicada a una altura de 2820 msnm, con una temperatura y precipitación media anual de 12°C y 1031 mm, respectivamente. Las evaluaciones de carbono se realizaron en los meses de abril y mayo del 2006, bajo dos tipos de arreglos agroforestales: cultivo en callejones (CC) y sistema silvopastoril (SSP).

Cultivo en callejones, es un arreglo que tiene un área de 4583 m² (aprox. 0.4583 ha), esta conformado por árboles de Aliso (*Alnus jorullensis* H.B.K), Pichuelo y Colla (*Verbesina arborea*) con cultivos agrícolas como maíz (*Zea mays*), arveja (*Pisum sativum* L.), fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) y papa (*Solanum tuberosum* L.). Los 153 árboles se distribuyen en seis bloques con un espaciamiento entre callejones de 5 m y a una distancia de siembra de 3 m entre árboles. Además, en cada callejón se observan tres tratamientos con 1, 2 y 3 líneas, respectivamente, con las especies de Aliso (*A. jorullensis* H.B.K), Pichuelo y Colla (*V. arborea*)

El sistema silvopastoril árboles dispersos tiene un área de 7190 m² (0.72 ha) se compone de 57 árboles de Aliso (*Alnus jorullensis* H.B.K), distribuidos en forma dispersa con pasto como Vicia andina, alfalfa (*Medicago sativa* L) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

Para cuantificar el contenido de carbono en el suelo se aplicó la metodología de Moreno y Lara (2003), tomando 3 muestras de suelo, extraídas en tres niveles de profundidad: 0-15 cm, 15-30cm y de 30-45cm por cada arreglo agroforestal. El muestreo se realizó cuando el terreno no se halle excesivamente seco o húmedo, y se procedió a tomar 20 a 30 submuestras por lote, previamente delimitado de la siguiente manera:

Se realizó un recorrido por la zona, para dividirla en áreas que serán semejantes en pendiente, textura, color, árboles de aliso, fertilización, etc. se limpió el terreno, apartando hojas, tallos, raíces o cualquier otro material. Luego, se definió el tipo de muestreo (zigzag, sistemático o cuadrícula, transecto) y se procedió a la colecta de las muestras utilizando el barreno “Goettingen” en tres profundidades (0-15 cm, 15-30cm y de 30-45cm) y en cada arreglo agroforestal. Para realizar el análisis completo se tomó 2kg de suelo que se obtienen mezclando todas las muestras correspondientes a un mismo arreglo, y separando las muestras de cada profundidad, eliminando piedras, cascajo grueso, o raíces gruesas, de esta mezcla, se separó aproximadamente un kilogramo para ser enviado al laboratorio.

Las muestras se enviaron al laboratorio en bolsas plásticas o de papel, o en frascos limpios. En la marcación de las muestras se tuvo en cuenta el arreglo agroforestal, grado de profundidad, tipo de componente y el número de la muestra, con el fin de facilitar el procesamiento de los datos (Cavasos, 1992). Luego, se determinó la cantidad de carbono almacenado en el suelo en cada arreglo, por cada profundidad en los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, aplicando el método de Walkey & Black.

Cada muestra fue pesada en una balanza y se registran los datos en hojas de cálculo del programa Excel. El contenido de carbono orgánico en suelos se calculó con base en la ecuación sugerida por Andrade (1999), donde COS , es el Carbono orgánico de suelos (t /ha); $\%CO$, es Concentración de Carbono Orgánico en suelo (%); da , es la densidad aparente (g/cm) y P_s , es la profundidad del suelo.

$$COS = \%CO \times da \times P_s$$

Para la obtención de carbono almacenado en la biomasa aérea se tuvo en cuenta la investigación de Acosta y Tupáz (2006) sobre cuantificación de captura de carbono de la biomasa aérea en Aliso (*A. jorullensis* H.B.K) en los arreglos agroforestales cultivo en callejones y árboles dispersos en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Para la cuantificación de carbono en raíces, se usaron los datos de la tesis de Jaramillo (2006) sobre Estimación de la captura de carbono en la biomasa radicular en Aliso (*A. jorullensis* H.B.K) en dos arreglos agroforestales en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, municipio de Pasto, departamento de Nariño.

Con base en los resultados de las investigaciones señaladas, se cuantificó la biomasa total del Aliso (*A. jorullensis*) y se generaron modelos alométricos para la especie bajo dos tipos de arreglos agroforestales, Para escoger los modelos de mejor ajuste, se tuvo en cuenta criterios como la lógica biológica, el coeficiente de determinación (r^2), el coeficiente de varianza (%CV), cuadrado medio del error (CME) y la suma de cuadrados del error (PRESS). En la construcción de los modelos, se utilizó el programa estadístico Statgraphic.

Con los modelos obtenidos para cada arreglo agroforestal y tomando el diámetro promedio y su respectiva biomasa total media, se estimó la biomasa total acumulado por todos los árboles presentes en el arboles dispersos , (57 árboles en 0.72 ha) y Cultivo en callejones (153 árboles en 0.46 ha). Se tomó la fracción de carbono sugerida por MackDiken (1997) de 0.5 para calcular el Carbono almacenado en el componente arbóreo de cada arreglo. Además, a cada uno de estos valores, se sumó la cantidad de carbono acumulado en el suelo por unidad de área de cada

práctica agroforestal. Finalmente, se obtuvo el valor del carbono acumulado en el componente arbóreo y suelo por cada tipo de arreglo.

RESULTADOS Y DICUSIÓN

Carbono en el componente suelo

Los análisis de laboratorio realizados a las muestras tomadas en el sistema silvopastoril y cultivo en callejones con aliso (Tabla 1), señalan que el sistema silvopastoril tiene mayor cantidad de carbono por hectárea, con 312.8 tC ha⁻¹, en tanto que en el cultivo en callejones existe 251.5 tC ha⁻¹ en los primeros 45 cm de suelo. Estos resultados coinciden con lo señalado por Fisher *et al* (1994), citado por Andrade (1999), quien afirma que los pastos bien manejados influyen positivamente sobre el carbono en el suelo.

Además, el contenido de carbono en el suelo del sistema silvopastoril es 20% superior al encontrado en el arreglo agroforestal cultivo en callejones, ocasionado posiblemente por la continua modificación de la estructura del suelo por causa de las actividades de laboreo o por los cambios en el uso del suelo, es decir que los cambios en las condiciones de humedad y temperatura, altera los procesos de fraccionamiento y de descomposición de la materia orgánica en su superficie. Sin embargo, se realizó una comparación de medias o prueba de *t* y se encontró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ssp y cultivo en callejones, tanto en la concentración de carbono orgánico como en la cantidad de carbono orgánico del suelo.

Tabla 1. Resultados de los análisis de laboratorio para el componente suelo en dos arreglos agroforestales: SSP y CC

Sistema Agroforestal	Profundidad (cm)	% COS	da (g/cm ³)	COS (tC/ ha)
Sistema Silvopastoril (SSP)	15	4,84	0,9	65,34
	30	3,48	0,9	93,96
	45	3,79	0,9	153,495
Total				312,795
Cultivo en Callejones (CC)	15	4,55	1,0	68,25
	30	2,32	1,1	76,56
	45	2,37	1,0	106,65
Total				251,46

% COS: Concentración de Carbono orgánico en suelos; da: Densidad aparente (g/cm³)

Fuente: esta investigación

La densidad aparente encontrada en esta investigación es prácticamente idéntica en los dos arreglos agroforestales evaluados, comportamiento similar al reportado en la investigación de Moreno y Lara (2003), quienes encontraron una densidad aparente promedio igual a 1.25 g / cm³ en cuatro coberturas evaluadas: Bosque primario intervenido, bosque secundario, rastrojo bajo y pastizal no manejado. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la compactación superficial es el aumento de la densidad aparente de la superficie del suelo producida por cargas mecánicas (como el pisoteo de ganado), mineralización de la materia orgánica y/o por procesos erosivos, ya que quedan expuestas las capas superficiales.

Arboles dispersos acumula 312.8 tC/ha, cifra superior a la reportada por Callo – Concha, *et al.* (2001), quien encontró 86.38 tC/ha en árboles dispersos. Además, se observa en la Tabla 1, la acumulación de carbono incrementa con la profundidad, comportamiento que no coincide con lo encontrado en la investigación de Andrade (1999) sobre cuantificación de carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona alta de Costa Rica, donde la concentración de carbono en el suelo se redujo con la profundidad.

En general, se encontró que los dos arreglos agroforestales evaluados, acumulan mayor cantidad de carbono en el suelo con respecto a otros ecosistemas investigados por Moreno y Lara (2003), tales como bosque secundario con 198.4 tC/ ha y bosque primario intervenido con 251.7 tC/ ha.

Ecuaciones alométricas de Biomasa Total para Aliso *Alnus jorullensis* en un Sistema Silvopastoril

La muestra de árboles medidos, apeados y pesados en el sistema silvopastoril, para la estimación de ecuaciones de biomasa aérea total, está constituida por 9 árboles de *A. jorullensis*, tamaño de muestra que se encuentra dentro del rango reportado en la literatura para realizar modelos de regresión por especie, el cual oscila entre 8 y 15 individuos (MackDiken 1997, citado por Zapata, Colorado y del Valle 2003). Los nueve árboles muestreados presentaron en promedio un diámetro a la altura del pecho de 6.09cm, una biomasa total media de 16.301.20kg. La desviación estándar de cada variable en la población muestreada indica una moderada dispersión de los valores respecto al promedio (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los árboles de Aliso (*Alnus jorullensis*) seleccionados para establecer las ecuaciones alométricas.

Variable	No datos	Pomedio	Mínimo	Máximo	Desv. Estandar
DAP (cm)	9	6,09	3,82	9,21	1,73
Biomasa Total (kg)	9	16,30	10,67	29,21	5,98

Fuente: Esta investigación

De acuerdo al análisis estadístico en, la Tabla 3 presenta el mejor modelo ajustados para la especie *A. jorullensis*. La ecuación tiene como variable independiente el Diámetro a la altura del pecho (DAP-cm), mientras que la biomasa total (BT- kg) es la variable dependiente. En el modelo se observó la presencia de una observación remota “outliers” que presentó problemas de residuales estandarizados superiores a dos desviaciones estándar y por tanto fue descartada.

Tabla 3. Modelo de mejor ajuste para estimar biomasa total (kg) en la especie *A. jorullensis* en el Sistema Silvopastoril en la Granja Experimental Botana, municipio de Pasto (Nariño).

Variable independiente	Modelo	a	b	R2	CME	PRESS
DAP (cm)	$Y = \exp(a + b \cdot X)$	1,53734	0,193997	96,61	0,00	0,03

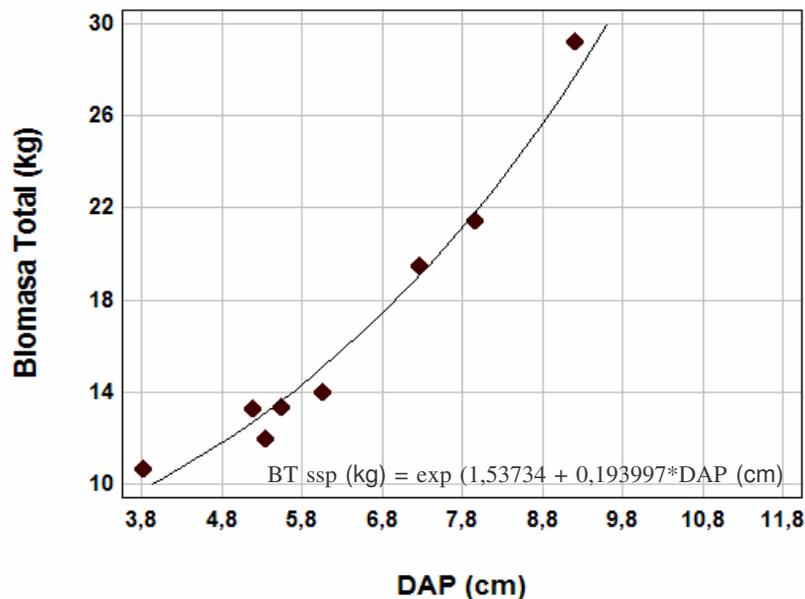
X: Variable independiente; Y: Variable dependiente (Biomasa Total -kg); a y b: Coeficientes de regresión; R2: Coeficientes de determinación; CME: Cuadrado medio del error; PRESS: Suma de cuadrados del error

Fuente: Esta investigación

El análisis de varianza de la ecuación, indica que existe una alta correlación entre la biomasa total (kg) y la variables independientes ajustadas (valor $P < 0.05$). Además, la ecuación satisface

el supuesto de normalidad de las varianzas y la comparación de medias, realizada a través de una prueba de *t*, indica que no existen diferencias significativas entre las medias de los valores observados y los valores predichos. La línea de tendencia del modelo desarrollado se observan en la Figura 1.

Figura 1. Curvas que representan las ecuaciones alométricas de la forma $Y = \exp(a + b \cdot X)$; $R^2:96.6$ para la especie Aliso (*Alnus jorullensis*) bajo un sistema silvopastoril en la granja experimental Botana, municipio de Pasto (Nariño).



Fuente: Esta investigación

Estimaciones de biomasa total para Aliso (*Alnus jorullensis*) bajo el sistema silvopastoril

A partir del modelo desarrollado en esta investigación (Tabla 3), se realizaron algunas estimaciones de biomasa total (Tabla 4). La variable independiente diámetro a la altura del pecho (DAP –cm), tomaron valores desde 3 a 15 cm. Se debe recordar que el rango de distribución de la población para la variable independiente es de 3.82 a 9.21 cm y por tanto valores superiores o inferiores a ellos, son extrapolaciones del modelo.

Tabla 4. Estimaciones de biomasa aérea total para la especie *A. jorullensis* en un ssp, pasto N.

VARIABLE	ESTIMACIONES										Prom.
DAP (cm)	3,0	5,0	6,0	8,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	9,7
BT (Kg)	8,3	12,3	14,9	22,0	32,4	39,3	47,7	57,9	70,3	85,4	39,1

DAP (cm): Diámetro a la Altura del Pecho; BT (Kg): Biomasa Total

Fuente: Esta investigación

Se tomó el valor estimado de biomasa total y carbono, para un árbol promedio (dap= 6 cm) de Aliso (*A. jorullensis*) en el sistema silvopastoril, para calcular el valor total del almacenamiento de biomasa y por tanto carbono, del componente arbóreo en el arreglo agroforestal. Se encontró

que los 57 árboles presentan 849.3kg de biomasa total (424.65kgC ó 0.42TnC), cifra inferior a la encontrada en el componente arbóreo del uso de tierra como Silvopastura de 30.4TnC/ha (Callo – Concha, *et al*, 2001). El aporte del suelo al arreglo es de 224.9 TnC en un área de 0.72ha, es decir que los dos componentes suman 225.32 TnC al arreglo agroforestal, valor inferior a 116.78 TnC encontrado por (Callo – Concha, *et al*, 2001) para la sumatoria de estos dos componentes.

Ecuaciones alométricas de Biomasa Total para Aliso (*Alnus jorullensis*) en un cultivo en callejones

La muestra de árboles para la estimación de la ecuación de biomasa total para la especie Aliso (*Alnus jorullensis*) en un cultivo en callejones, esta constituida por nueve datos, siendo ésta el tamaño de muestra que se encuentra dentro del rango reportado en la literatura para realizar modelos de regresión por especie, el cual oscila entre 8 y 15 individuos (MackDiken 1997, citado por Zapata, Colorado y del Valle 2003). Los árboles tienen en promedio un diámetro a la altura del pecho de 3.8cm y una biomasa total media de 7.68kg. La desviación estándar de cada variable en la población muestreada indica una moderada dispersión de los valores respecto al promedio (Tabla 5).

Tabla 5. Características de los árboles de Aliso (*Alnus jorullensis*) seleccionados para establecer las ecuaciones alométricas.

Variable	No datos	Pomedio	Mínimo	Máximo	Desv. Estandar
DAP (cm)	9	6,07	3,80	9,17	1,73
Biomasa Total (kg)	9	7,68	3,62	12,33	2,89

Fuente: Esta investigación

En la Tabla 6 se resume el modelo para la predicción de la biomasa total (BT- kg) en función del diámetro a la altura del pecho (DAP-cm). En el modelo se observó la presencia de una observación remota “outliers” que presentó problemas de residuales estandarizados superiores a dos desviaciones estándar y por tanto fue descartada.

Tabla 6. Modelo de mejor ajuste para estimar biomasa total (kg) en la especie *A. jorullensis* en el cultivo en callejones de la granja experimental Botana, municipio de Pasto (Nariño).

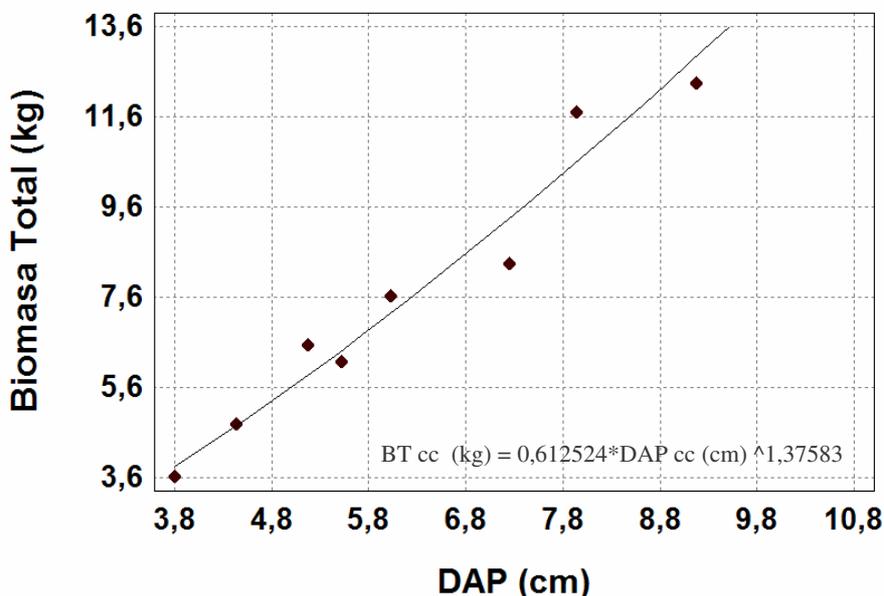
Variable independiente	Modelo	a	b	R ²	CME	PRESS
DAP (cm)	$Y = \exp(a + b \cdot X)$	-0,490168	1,37583	96,38	0,01	0,04

X: Variable independiente; Y: Variable dependiente (Biomasa Total -kg); a y b: Coeficientes de regresión; R²: Coeficientes de determinación CME: Cuadrado medio del error; PRESS: Suma de cuadrados del error

Fuente: Esta investigación

El análisis de varianza de la ecuación, indica que existe una alta correlación entre la biomasa total (kg) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) (valor $P < 0.05$). Además, la ecuación satisface el supuesto de normalidad de las varianzas y la comparación de medias, realizada a través de una prueba de *t*, indica que no existen diferencias significativas entre las medias de los valores observados y los valores predichos. La curva de tendencia del modelo desarrollado se observan en la Figura 2. El modelo linealizado es $\ln(BT \text{ cc}) = -0,490168 + 1,37583 \cdot \ln(DAP \text{ cc})$.

Figura 2. Línea de tendencia del modelo de la forma $Y = a \cdot X^b$; $R^2 = 96.38$ para la especie Aliso (*A. jorullensis*) bajo un Cultivo en Callejones en la Granja Experimental Botana, municipio de Pasto (Nariño).



Fuente: Esta investigación

Estimaciones de biomasa total para Aliso *Alnus jorullensis* bajo un Cultivo en Callejones

Con base en el modelo ajustado en esta investigación (Tabla 6), se realizaron algunas estimaciones de biomasa total (Tabla 7). La variable independiente diámetro a la Altura del pecho (DAP –cm), tomaron valores desde 3 a 15 cm. Cabe destacar que el rango de distribución de la población para el diámetro a la altura del pecho es de 3.8 a 9.17cm y por tanto valores superiores o inferiores a ellos, son extrapolaciones del modelo.

Tabla 7. Estimaciones de biomasa aérea total para la especie *A. jorullensis* en un SSP.

VARIABLE	ESTIMACIONES										Prom.
DAP (cm)	3,0	5,0	6,0	8,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	9,7
BT (Kg)	2,78	5,61	7,21	10,71	14,55	16,59	18,70	20,88	23,12	25,42	14,6

DAP (cm): Diámetro a la Altura del Pecho; BT (Kg): Biomasa Total

Fuente: Esta investigación

Se tomó el valor estimado de biomasa total (7.21kg) y carbono, para un árbol promedio (dap= 6 cm) de Aliso (*A. jorullensis*) establecido como Cultivo en Callejones, con el fin de cuantificar el valor total del almacenamiento de biomasa y carbono, del componente arbóreo en este arreglo agroforestal. Los 153 árboles presentes en el arreglo agroforestal, representan una acumulación de biomasa total de 1103.13kg, es decir 551.565 kg (0.55TnC), El aporte del componente suelo al sistema es de 115.2TnC en un área de 0.46ha, es decir que los dos componentes suman 115.8TnC al arreglo agroforestal, valor similar al reportado por Callo – Concha, *et al*, (2001) de 116.78 TnC en un arreglo agroforestal con similares condiciones. Además, se puede señalar que la acumulación de carbono en el Cultivo en callejones de la Granja Experimental Botana, municipio de Pasto es menor (116.78TnC) al acumulado por el sistema Silvopastoril

(225.32TnC), aunque tiene mayor densidad arborea, es evidente que los valores superiores del arreglo en árboles dispersos se debe a la mayor área del arreglo y a que el componente suelo se destacó por acumular una mayor cantidad de Carbono por unidad de área.

CONCLUSIONES

El contenido de carbono en el suelo del sistema silvopastoril es 20% superior al encontrado en un cultivo en callejones, sin embargo, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de carbono en el suelo para los dos arreglos evaluados.

El mejor modelo para predecir el comportamiento de la biomasa y por tanto Carbono en la especie Aliso (*A. jorullensis*) bajo el sistema silvopastoril fue de la forma: $BT\ ssp\ (kg) = exp(1,53734 + 0,193997 * DAP\ (cm))$, el cual explicó más del 96% de la variabilidad de los datos. De igual manera, el modelo alométrico que presentó un mejor ajuste estadístico para la especie Aliso (*A. jorullensis*) en un Cultivo en Callejones fue $BT\ cc\ (kg) = 0,612524 * DAP\ cc\ (cm)^{1,37583}$ con un coeficiente de determinación (r^2) de 96.38.

Se estima que un árbol promedio de *A. jorullensis* con un DAP de 6cm, presenta una acumulación de biomasa total de 14.9kg y por tanto acumula 7.45kgC, bajo un sistema silvopastoril. Además, un árbol de aliso establecido en el cultivo en callejones de la granja experimental Botana, con un promedio del diámetro a la altura del pecho de 6cm, acumula 7.21kg de biomasa total y 3.6kgC.

Se recomienda utilizar los modelos alométricos diseñados en esta investigación para los arreglos agroforestales evaluados y bajo condiciones agroecológicas similares a la de zona de estudio.

Se recomienda realizar investigaciones enfocadas a la cuantificación del carbono presente en otros componentes de los arreglos agroforestales evaluados, tales como la vegetación herbácea y necromasa.

Promover el establecimiento de los arreglos agroforestales evaluados, como herramienta para mitigar el calentamiento global y como una opción que garantiza la seguridad alimentaria al permitir el asocio con otras especies agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, H. 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis de Maestría en Agroforestería Tropical, departamento de Agroforestería, Centro Agronómicos de Investigación y Enseñanza - CATIE. Turrialba, Costa Rica. 70p
- Andrade, H. e Ibrahim, M. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de Carbono en los sistemas silvopastoriles?. Agroforestería en las Américas. 10 (39-40): 109-116.
- Callo – Concha, D., Krishnamurthy, L. y Alegre, J. 2001. Cuantificación del Carbono secuestrado por algunos SAF's y Testigos, en Tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. p. 1-23. En: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales 18 al 20 de Octubre del 2001, Valdivia – Chile.
- Cavazos, T y Rodríguez, O. 1992. Manual de prácticas físicas de suelos. Editorial: Trillas. Ciudad de México. 49p.

Dixon R. 1995. Sistemas agroforestales y gases invernadero. *Agroforestería en las Américas*. 2 (7); 22-26.

Fisher, M. , Rao, I., Ayarza, M., Lascano C, Sanz, J., Thomas, R and Vera, R. 1994. Carbon storage by introduced deep rooted grasses in the South American savannas. *Nature* (371): 236-238.

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. 2001. Technical Summary of the Third Assessment Report. En: IPCC, <http://home3.worldonline.es/jaguijar/ipcc.html>. 63 p; consulta: mayo de 2005.

MackDiken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Forest Carbon Monitoring Program. S.L: Winrock International Institute for Agricultural Development. 84p

Moreno, F y Lara, W. 2003. Variación del carbono orgánico del suelo en bosques primarios intervenidos y secundarios, pp. 189-213. En: Orrego, S.; Del Valle, J. Y Moreno F. *Medición de la captura de Carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 313 p.

Orrego, S., Del Valle, J., Moreno, F y Arbeláez, T. 2002. *Medición de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales Tropicales de Colombia: Construcciones para la Mitigación de Cambio Climático*. 314p.

Sage, L.F. y Sanchez, O. 2002. Evolución esperada para el mercado de pago de servicios ambientales en Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*, (37): 72-73.

Zapata, M., Colorado, G y Del Valle, J. 2003. Ecuaciones de biomasa aérea para bosques primarios intervenidos y secundarios.. pp. 87-119. En: ORREGO, S., Del Valle, J. y Moreno F. *Medición de la captura de Carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 313 p.