

**EVALUACIÓN DE LA FIJACION DE CARBONO EN ESPECIES UTILIZADAS EN UN  
ARREGLO DE CERCAS VIVAS EN LA ESTACION EXPERIMENTAL FEDEPAPA,  
MUNICIPIO DE PASTO.**

**ISRAEL YESID CALVACHE PAZ  
WILLIAN BENEDICTO ORTIZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL  
PASTO-NARIÑO**

**2011**

**EVALUACIÓN DE LA FIJACION DE CARBONO EN ESPECIES UTILIZADAS EN UN  
ARREGLO DE CERCAS VIVAS EN LA ESTACION EXPERIMENTAL FEDEPAPA,  
MUNICIPIO DE PASTO.**

**ISRAEL YESID CALVACHE PAZ  
WILLIAN BENEDICTO ORTIZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de  
INGENIERO AGROFORESTAL**

**Presidente de tesis  
JESUS GEOVANY SOLARTE. I.AF.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL  
PASTO-NARIÑO**

**2011**

“Las ideas y conclusiones aportadas en este Proyecto de Trabajo de Grado, son de responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1ª del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan De Pasto, Noviembre 2011

**EVALUACIÓN DE LA FIJACION DE CARBONO EN ESPECIES UTILIZADAS EN UN ARREGLO DE CERCAS VIVAS EN LA ESTACION EXPERIMENTAL FEDEPAPA, MUNICIPIO DE PASTO.**

**EVALUATION OF CARBON FIXATION IN KIND USED IN LIVING FENCES IN THE EXPERIMENTAL STATION FEDEPAPA MUNICIPALITY OF PASTO.**

Yesid Calvache Paz<sup>1</sup>  
William Benedicto Ortiz<sup>2</sup>  
Jesus Geovanny Solarte<sup>3</sup>

**RESUMEN**

Este estudio se realizó en la estación experimental de productores de papa (FEDEPAPA) corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, Departamento de Nariño, localizado a 1° 13' latitud norte y 77° 16' longitud oeste, a una altura de 2710 msnm y temperatura promedio de 12 – 13 ° C. Se evaluó la producción de biomasa aérea (fuste, ramas y hojas) y (raíces), así como también la cantidad de carbono fijado de las especies *Acacia decurrens*, *Alnus jorullensis*, *Baccharis trinervis*, *Ulex europeus*, y *Tecoma stans* en un arreglo de cercas vivas de doble hilera, de tres años de establecidas y sembradas a 1 m entre hilera y árbol en tres bolillo. Lo anterior se llevó a cabo mediante el método destructivo; que se realizó cinco veces en el año, en donde se extrajo cinco árboles por especie en cada evaluación. De igual manera, se generó los modelos alométricos de biomasa.

Se encontró que las especies que presentaron mejor resultado fueron *Acacia decurrens* con 4,43 Tonha<sup>-1</sup> y *Alnus jorullensis* con un 1,32 Tonha<sup>-1</sup> para biomasa. Así mismo, en cuanto a carbono se obtuvo valores de 2,21 Tonha<sup>-1</sup> para la primera especie y 0,66 Tonha<sup>-1</sup> para la segunda. Al generar los modelos para *Acacia decurrens* y *Alnus jorullensis* se obtuvo modelos que tienen bondad de ajuste a los datos tomados de diámetro y altura en campo.

---

<sup>1,2</sup> Estudiantes de Ingeniería Agroforestal; Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. 2011

<sup>3</sup> I.AF., Docente; Universidad de Nariño.

Los datos recolectados en campo de las especies *Acacia decurrens* y *Alnus jorullensis* generaron modelos lineales los cuales se corrieron con las variables diámetro (tomado a la altura del pecho a 1,30m) y altura total, analizados mediante el programa Statgraphics Plus Versión 5.

**Palabras claves:** Biomasa aérea, biomasa radicular, captura de carbono, modelos alométricos, cercas vivas, arreglo agroforestal.

### ABSTRACT

This study was conducted at the experimental station of potato producers (FEDEPAPA) district of Obonuco municipality of Pasto, Nariño, located 1 ° 13 'north latitude and 77 ° 16' west longitude at an altitude of 2710 msnm and average temperature from 12 to 13 ° C. We evaluated the production of aboveground biomass (stem, branches and leaves) and (roots), as well as the amount of carbon fixed in the species *Acacia decurrens*, *Alnus jorullensis*, *Baccharis trinervis*, *Ulex europeaus*, and *Tecoma stans* in an array of fences live double row of three years of established and seeded at 1 m between rows and trees in three roll. This was carried out by the destructive method which is performed five times a year, where he drew five trees per species in each evaluation. Similarly, we generated biomass allometric models.

We found that species with the best results were *Acacia decurrens* with 4.43 Tonha<sup>-1</sup> and 1.32 Tonha<sup>-1</sup> with *Alnus jorullensis* for biomass. Also, in terms of carbon obtained values of 2.21 Tonha<sup>-1</sup> for the first species and 0.66 Tonha<sup>-1</sup> for the second. When generating models for *Alnus jorullensis* *Acacia decurrens* was obtained models with goodness of fit to the data from field diameter and height.

The data collected in field of *Acacia decurrens* and *Alnus jorullensis* species generated linear models which were run with varying diameter (taken at breast height to 1.30 m) and total height, analyzed using the program Statgraphics Plus Version 5.

**Key words:** Biomass, root biomass, carbon sequestration, allometric models hedges, under agroforestry.

## INTRODUCCION

En principio, la capacidad de secuestrar carbono de cualquier ecosistema terrestre depende principalmente de dos componentes; el área total de esos ecosistemas y el número de árboles por unidad de área. Los SAF pueden contener sumideros considerablemente grandes de carbono y en algunos casos se asemejan a los encontrados en bosques secundarios. Asimismo, la cantidad de carbono acumulada en el suelo aumenta en los sistemas agroforestales. (KANNINEN, 1997)

Como medida de mitigación contra el calentamiento global, se han desarrollado alternativas para reducir la contaminación en bosques y prolongar la vida de ecosistemas; por lo tanto es de gran importancia desarrollar y promover investigaciones encaminadas a cuantificar el carbono, en ecosistemas naturales, plantaciones y sistemas agroforestales para mejorar la calidad del ambiente (Beer *et al*, 2003). Una forma de mitigar los efectos del dióxido de carbono, además de reducir las emisiones, es almacenarlo, el mayor tiempo posible, en la biomasa y el suelo. (López, 1998)

El carbono almacenado es la cantidad de Carbono que se encuentra en un ecosistema vegetal, en un determinado momento. Se tiene en cuenta el tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que se basan en datos de biomasa calculada a partir de volúmenes por hectárea de inventarios forestales. Generalmente, este tipo de Carbono se paga por conservación de bosques y no puede ser liberado a la atmósfera si se accede a un pago por servicios ambientales. (RAMIREZ 1999)

El flujo de Carbono dentro de una unidad de área cubierta con vegetación en un lapso de tiempo dado hace referencia al carbono fijado. Su cuantificación permite predecir el comportamiento del Carbono en cualquier momento durante el crecimiento de la población. (SHUTTLEWORTH 1999)

En el municipio de Pasto encontramos diferentes especies que generan alternativas de bienes y servicios ambientales que se las encuentra en muchos sistemas agroforestales implementados como cercos vivos, arboles dispersos en las fincas de la region, convirtiendose asi en una alternativa para capturar carbono. Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario determinar la

biomasa y cuantificar el carbono almacenado por las especies de la zona alto andina por medio del método destructivo, para así tener acceso a la venta de este servicio en el mercado mundial. Además, es de gran importancia generar modelos de biomasa y carbono que nos permitan estimar la biomasa y el carbono fijado por cada especie.

Esta investigación hace parte del macroproyecto “Evaluación de agroecosistemas Terrestres Estratégicos en la Captura de CO<sub>2</sub>” y los objetivos a desarrollar en esta investigación son cuantificar la biomasa aérea y terrestre, determinar la capacidad de almacenamiento de carbono de las especies (*Acacia decurrens*), (*Alnus jorullensis*), (*Baccharis trinervis*), (*Ulex europeaus*), y (*Tecoma stans*) y generar los modelos alométricos de biomasa de las especies con mejor almacenamiento de carbono (*Acacia decurrens*) y (*Alnus jorullensis*). Dicho macroproyecto es financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el centro experimental de la Federación Nacional de Productores de Papa (FEDEPAPA) corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, departamento de Nariño, localizado a 1° 13' latitud norte y 77° 16' longitud oeste, a una altura de 2710 msnm, precipitación de 840mm / año, temperatura promedio de 12 – 13 ° C y una humedad relativa de 87.45%. Se encuentra dentro de la zona de vida Bosque seco Montano bajo (BsMb). (Holdridge, 1967)

### **Descripción del arreglo de cerca viva doble.**

El arreglo agroforestal de cerca viva doble se encontraba establecido desde el año 2007 en 50 metros lineales con cinco especies (*Acacia decurrens*), (*Alnus jorullensis*), (*Baccharis trinervis*), (*Ulex europeaus*), y (*Tecoma stans*) sembradas en dos líneas a 1 metro entre hilera y árbol en tres bolillo. Se encontraron 14 árboles por cada especie para un total de 70 individuos en el arreglo.

### **Cuantificación de biomasa aérea y radicular.**

Para la cuantificación de biomasa aérea y radicular se seleccionaron cinco árboles por cada especie, donde se utilizó el método destructivo total que consiste en medir las dimensiones básicas de un árbol, cortarlo y determinar la biomasa a través del peso directo de cada uno de sus componentes (raíces, fuste, ramas y hojas). (MACDIKEN, 2007) Para las cinco especies se estimó la biomasa en peso fresco de los componentes hojas (H), ramas (R), fuste (F) y raíz (Ra). El fuste se cortó a 10cm de la base, y se midió la longitud desde la base hasta el ápice, luego se cortó en trozos pequeños y se peso. Posteriormente se separó las ramas de las hojas y a cada componente se le determinó el peso fresco.

Para el muestreo radicular, se extrajo en su totalidad el árbol utilizando palas y picos. Se agrego abundante agua al suelo con el fin de ablandar la tierra y así facilitar la extracción de las raíces. (CATIE, 2003)

### **Etapa de Laboratorio.**

Para determinar el peso seco de la biomasa producida en los cinco árboles de cada especie se tomó las muestras correspondientes a hojas (H), ramas (R), fuste (F) y raíz (Ra). De cada componente se tomó una muestra de 300 gramos en fresco y se llevó a los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, donde fueron secados en un horno a 80 grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) durante un periodo de 72 horas para encontrar el peso constante. (Segura y Kanninen 2002); luego, se procedió a pesar la muestra seca. Los datos se registraron en una hoja de cálculo del programa Excel.

La biomasa se calculó con base en las ecuaciones propuestas por Segura y Kanninen (2002), donde (%MS) es el porcentaje de materia seca, (PSH) es el peso seco al horno (g), (PFM) es el peso fresco de la muestra (g); (B) es la biomasa (Kg) y (PTV) es el peso total verde del componente (Kg.).

$$\%MS = PSH / PFM * 100$$

$$B = PTV / 100 * \%MS$$

Con la sumatoria de los pesos secos de todos los componentes, se obtuvo la biomasa total del árbol por cada especie.

### **Determinación del Carbono Fijado.**

Para la estimación de carbono almacenado en la biomasa de cada una de las especies, se utilizó la siguiente fórmula que se basa en la biomasa y la fracción de carbono.

El carbono se calculó con base a la ecuación propuesta por Segura y Kanninen (2002) donde, (CA) es el carbono almacenado, (B) es la biomasa total y (FC) es la fracción de carbono que en este caso se utilizó 0,5 establecido por el Panel Intergubernamental de Cambio climático (IPCC).

$$CA = B * Fc.$$

### **Generación de modelos alométricos.**

La cerca viva fue establecida en el año 2007, en donde se escogió dos especies con mejores características en altura, follaje y capacidad de carbono; *Acacia decurrens* y *Alnus jorullensis* las cuales fueron las más representativas con respecto a las variables de diámetro y altura para correr los modelos que representen el comportamiento de la biomasa.

Para la generación de los modelos alométricos se tomaron los datos de diámetro y altura y se corrió los modelos de biomasa en esta investigación, los cuales fueron para *Alnus jorullensis*;  $Bt = -0,191657 + 0,0319527 * D + 0,00218935 * Ht$  y para *Acacia decurrens*;  $Bt = 0,42215 + 0,0511941 * D - 0,000578279 * Ht$ .

### **Análisis estadístico**

Para la generación de los modelos alométricos de biomasa de *Acacia decurrens* y *Alnus jorullensis* se utilizó el programa Statgraphics Plus Versión 5 y Excel.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Cuantificación de Biomasa aérea y radicular por especie.**

Se encontró diferencia en la cantidad de biomasa seca acumulada por especie, siendo la más representativa *Acacia decurrens* con 4,43 Tonha<sup>-1</sup>, seguida de *Alnus jorullensis* con un 1,32 Tonha<sup>-1</sup> y *Ulex europeus* y *Baccharis trinervis* con el (0,7 y 0,2 Tonha<sup>-1</sup>) respectivamente. La especie con menor producción de biomasa fue *Tecoma stans* con el 0,16 Tonha<sup>-1</sup>. (Tabla 1)

Según (Montero, 2004), las diferencias de biomasa aumentan de manera proporcional al diámetro del árbol, al aumentar el diámetro hay mayor biomasa en raíz, ramas y hojas. Teniendo en cuenta lo anterior, se deduce que *Acacia decurrens* presentó mayor producción de biomasa debido a que tuvo mejor desarrollo en cuanto a diámetro y altura, en comparación con las demás especies en estudio.

### **Biomasa total de las cinco especies**

Se estimó que la biomasa de las cinco especies fue de 6,8 Tonha<sup>-1</sup> en donde la raíz representa el 29,4%, el fuste el 33,8%, las ramas equivalen al 16,2% y las hojas el 20,6% del total de la biomasa concentrada por las cinco especies.

Como lo afirma (ACOSTA y TUPAZ 2007) en su estudio “Cuantificación De La Captura De Carbono Por La Biomasa Aérea De Aliso (*Alnus Jorullensis H B K*) En Dos Arreglos Experimentales En La Granja Experimental Botana”. En cuanto a los componentes para los arreglos, el fuste represento el mayor aporte de biomasa seca y carbono representado por el 43% en (CC) y el 57% en (SSP) de la biomasa seca área total, siguiendo orden las ramas 32% en (CC) y 29% en (SSP) y hojas 25% en (CC) y 14% en (SSP).

### **Cuantificación de carbono aéreo y radicular por especie.**

Se encontró diferencia en la cantidad de carbono acumulado por especie, siendo la más representativa *Acacia decurrens* con 2,21 Tonha<sup>-1</sup>, seguida de *Alnus jorullensis* con un 0,66 Tonha<sup>-1</sup> y *Ulex europeus* y *Baccharis trinervis* con el (0,35 y 0,10 Tonha<sup>-1</sup>) respectivamente. La especie con menor acumulación de biomasa fue *Tecoma stans* con el 0,08 Tonha<sup>-1</sup>.

Según Rosas y Salazar, (2004), en su trabajo “Estimación de la biomasa y el carbono en el sistema agroforestal, cercos vivos en la vereda Mocondino, municipio de Pasto” donde estudiaron cinco especies arbóreas determinaron que la cantidad de carbono está relacionado proporcionalmente con la cantidad de biomasa, concluyendo que a mayor biomasa había mayor cantidad de carbono. Lo anterior es corroborado en esta investigación donde se determinó que las especies *Acacia decurrens* y *Alnus jorullensis* que presentaron mayor cantidad de biomasa fueron también las que obtuvieron mayor acumulación de carbono.

De la misma manera, lo afirma Bravo y Rosero, (2010) con sus estudios realizados en cinco especies vegetales arbóreas, en donde relacionan que la *Acacia decurrens* produjo de 2,6 Tonha<sup>-1</sup> de biomasa seca y 1,4 Tonha<sup>-1</sup> de carbono y *Alnus jorullensis* obtuvo 5,1 Tonha<sup>-1</sup> en biomasa

seca y 2,7 Tonha<sup>-1</sup> en carbono, afirmando que a mayor biomasa, mayor carbono para cualquier especie forestal.

Esto se explica fisiológicamente por medio de la fotosíntesis cuando las plantas absorben energía solar y CO<sub>2</sub> de la atmósfera que sirve de base para su crecimiento, fijan el carbono en la biomasa, y consecuentemente constituyen madera muerta y hojarasca, como lo afirma (Rugnitz, et al 2009).

### **Carbono por componentes en las cinco especies**

El valor calculado de carbono proviene de multiplicar la biomasa seca por la fracción de carbono propuesto por IPCC que es de 0,5.

### **Carbono en las cinco especies.**

La mayor concentración de carbono se encontró en el fuste con 1,13 Tonha<sup>-1</sup>, seguida de los componentes; raíz, ramas y hojas con (1; 0,57 y 0,71 Tonha<sup>-1</sup>) respectivamente.

En el arreglo de cercas vivas de 3 años de establecidas, se estimó que el carbono total acumulado por las cinco especies es de 3,4 Tonha<sup>-1</sup> afirmando así que el fuste es el que concentra más porcentaje de carbono con respecto a los demás componentes de las especies *Acacia decurrens*, *gorullensis* y *Ulex europeus*; caso contrario pasa con las especies, *Baccharis trinervis* y *Tecoma stans* donde la raíz representa el porcentaje más alto en la fijación de carbono por árbol. (Tabla 1)

**Tabla 1.** Distribución de biomasa y carbono acumulado en cada componente del árbol, en el arreglo de cercas vivas en la estación experimental Fedepapa.

ESPECIE	COMPONENTE	BIOMASA Tonha <sup>-1</sup>	CARBONO Tonha <sup>-1</sup>	% CAR
<i>Acacia decurrens</i>	Raíz	1,25	0,63	28,3
	Fuste	1,46	0,73	33
	Ramas	0,62	0,31	14
	Hojas	1,10	0,55	24,7
	<b>Total</b>	<b>4,43</b>	<b>2,21</b>	<b>100</b>
<i>Alnus jorullensis</i>	Raíz	0,43	0,21	31,8
	Fuste	0,50	0,25	37,9
	Ramas	0,26	0,13	19,6
	Hojas	0,14	0,07	10,7
	<b>Total</b>	<b>1,32</b>	<b>0,66</b>	<b>100</b>
<i>Ulex europeus</i>	Raíz	0,16	0,08	22,8
	Fuste	0,19	0,10	28,6
	Ramas	0,20	0,10	28,6
	Hojas	0,14	0,07	20
	<b>Total</b>	<b>0,70</b>	<b>0,35</b>	<b>100</b>
<i>Baccharis trinervis</i>	Raíz	0,08	0,04	40
	Fuste	0,06	0,03	30
	Ramas	0,05	0,02	20
	Hojas	0,02	0,01	10
	<b>Total</b>	<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>100</b>
<i>Tecoma stans</i>	Raíz	0,08	0,04	50
	Fuste	0,04	0,02	25
	Ramas	0,02	0,01	12,5
	Hojas	0,02	0,01	12,5
	<b>Total</b>	<b>0,16</b>	<b>0,08</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Esta investigación (2011).

### **Cuantificación de Biomasa aérea y radicular por árbol, por especie.**

De los cinco árboles por especie que se tomaron para determinar la producción de biomasa y la cantidad de carbono se obtuvo que la *Acacia decurrens* concentro mayor concentración de biomasa por árbol con 11,07 Kg y 5,53Kg de carbono, seguido de la especie *Alnus jorullensis* con una acumulación de biomasa y carbono de (3,31Kg y 1,65Kg) respectivamente. Y la especie con menor acumulación de biomasa y carbono por árbol fue *Tecoma stans* con (0,32Kg y 0,20 Kg) respectivamente. (Tabla 2) Caso contrario se presento en la investigación de Bravo y Rosero. (2010), donde se obtuvo que la especie que acumula mayor biomasa es *Alnus jorullensis* con 0,49Kg, seguida de la especie *Acacia decurrens* con 0,45Kg por árbol.

**Tabla 2.** Resultados de laboratorio por árbol, para peso seco (Kg) después de salir del horno para especies establecidas en el arreglo agroforestal de cercas vivas en la estación experimental fedepapa.

<b>Especie</b>	<b>Biomasa Kg por árbol</b>	<b>Carbono en kg por árbol</b>	<b>Carbono (Tonha<sup>-1</sup>)</b>
<i>Acacia decurrens</i>	11,07	5,53	2,21
<i>Alnus jorullensis</i>	3,31	1,65	0,66
<i>Tecoma stans</i>	0,32	0,20	0,08
<i>Baccharis trinervis</i>	0,50	0,25	0,10
<i>ulex europeus</i>	1,74	0,87	0,35

**Fuente:** Esta investigación (2011).

### **Modelos Alométricos de Biomasa Total.**

En la siguiente tabla (3), se observa, las ecuaciones realizadas para las especies, *Alnus jorullensis* y *Acacia decurrens*, presentaron un modelo lineal, con niveles altos de confiabilidad (99%) en los dos casos. Esto indica que los modelos alométricos de las especies en evaluación pueden

utilizarse para generar estimaciones de biomasa teniendo en cuenta las dos variables, diámetro y altura y en un tiempo deseado, las cuales fueron comparadas con datos de campo.

**Tabla 3,** Resultados de los modelos alométricos para biomasa calculados para las especies, *Alnus jorullensis* y *Acacia decurrens* a partir de las variables diámetro y altura.

Especie	Ecuación	R <sup>2</sup>	Nivel de confiabilidad
<i>Alnus jorullensis</i>	$Bt = -0,191657 + 0,0319527 * D + 0,00218935 * Ht$	98,037	>99%
<i>Acacia decurrens</i>	$Bt = 0,42215 + 0,0511941 * D - 0,000578279 * Ht$	86,63	>99%

**Bt:** Biomasa total; **D:** diámetro a la altura del pecho (1,30m); **Ht:** altura total (cm);

**Fuente:** Esta investigación (2011).

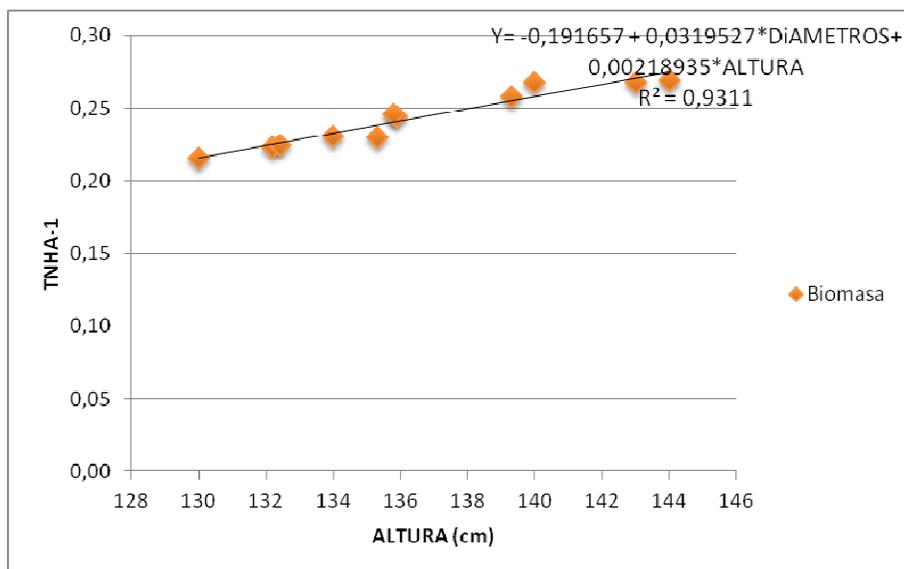
Se confirmó los modelos para *Alnus jorullensis* y *Acacia decurrens* ( $Bt = -0,191657 + 0,0319527 * D + 0,00218935 * Ht$ ) y ( $Bt = 0,42215 + 0,0511941 * D - 0,000578279 * Ht$ ) respectivamente, con los datos obtenidos en campo, con una altura de 138,35 cm y un DAP 4,2 aplicando la ecuación, la cantidad de biomasa obtenida fue de 0,26 Tonha<sup>-1</sup>, para *Alnus jorullensis* y con una altura de 207,9 cm y un DAP 6,1 aplicando la ecuación, la cantidad de biomasa obtenida fue de 0,67 Tonha<sup>-1</sup>, para *Acacia decurrens*, que en comparación a la biomasa concentrada en registros de campo es de (0,26 y 0,67 Tonha<sup>-1</sup>), se confirma la validación de los modelos obtenidos.

Por otra parte en otros estudios reportados por Muñoz 2007, se encontraron con (R<sup>2</sup>) de 0,94 para el género *Alnus* del modelo alométrico  $Bt = -0,42,716 + 1,945 \times DAP - 0,688 \times Ht$ , y un (R<sup>2</sup>) 0,91 para el género *Acacia* con el modelo  $Bt = 0,388,512 + 0,5,316 \times DAP - 0,618 \times Ht$ , los cuales son similares con este estudio, teniendo en cuenta que la altura registrada por Muñoz 2007, es a partir del DAP de 1,3 metros.

#### **Generación del modelo de *Alnus jorullensis*.**

La generación del modelo de biomasa aérea vs altura presentó un coeficiente de determinación de R<sup>2</sup> del 0.93 que equivale al 93%, donde se deduce que el modelo tiene un alto grado de confiabilidad del 99% y puede ser utilizado en futuras investigaciones de validación para esta especie. (Figura 1).

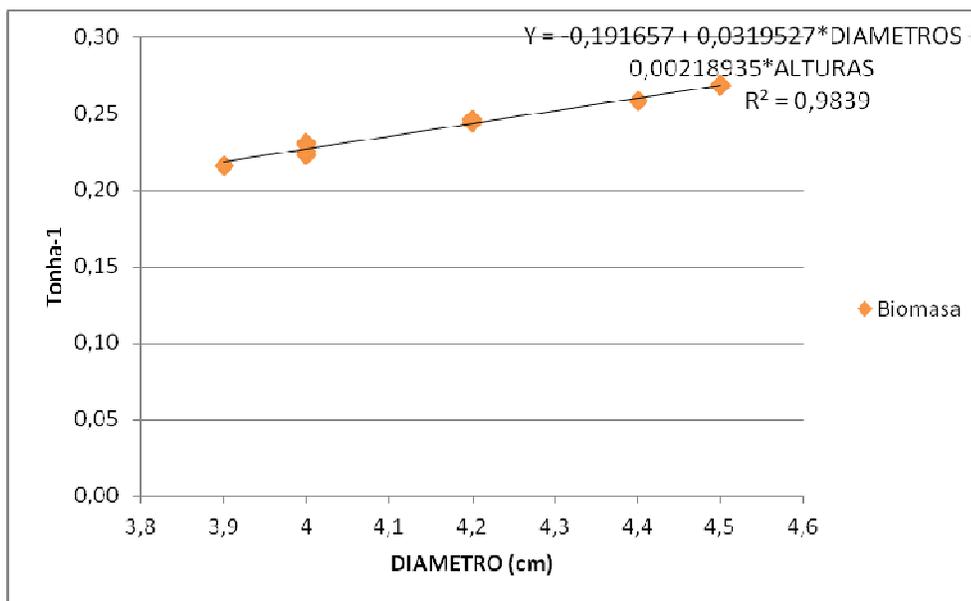
**Figura 1.** Relación entre biomasa aérea  $\text{Tonha}^{-1}$  vs altura (cm) en *Alnus jorullensis* con el modelo de la forma  $Y = a + bx_1 + bx_2$



**Fuente:** Esta investigación (2010)

La generación del modelo de biomasa aérea vs diámetro, presentó un coeficiente de determinación de  $R^2$  del 0.98 que equivale al 98%, donde se deduce que el modelo tiene un alto grado de confiabilidad del 99% y puede ser utilizado en trabajos similares con la variable de diámetro. (Figura 2).

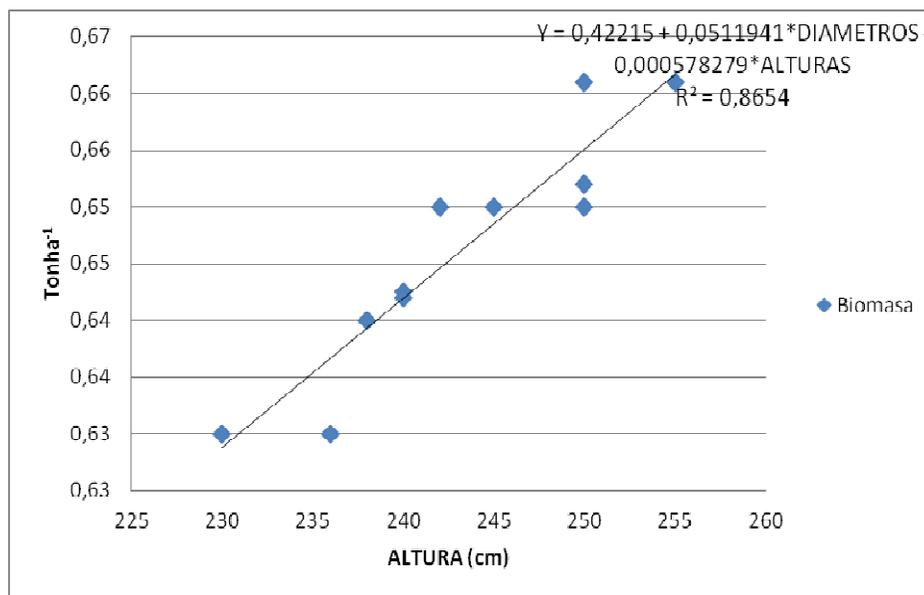
**Figura 2.** Relación entre biomasa aérea  $\text{Tonha}^{-1}$  vs diámetro (cm) en *Alnus jorullensis* con el modelo de la forma  $Y = a + bx_1 + bx_2$ .



### Generación del modelo de *Acacia decurrens*.

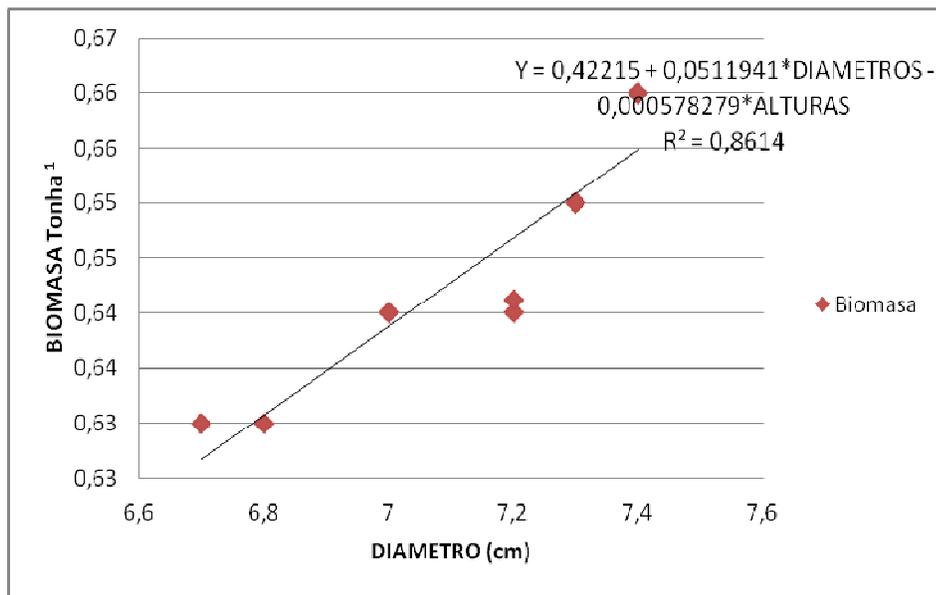
La generación del modelo de biomasa aérea vs altura presentó un coeficiente de determinación de  $R^2$  del 0.86 que equivale al 86%, donde se deduce que el modelo tiene un alto grado de confiabilidad del 99% y puede ser utilizado en futuras investigaciones de validación para esta especie. (Figura 3).

**Figura 3.** Relación entre biomasa aérea  $\text{Tonha}^{-1}$  vs altura (cm) en *Acacia decurrens* con el modelo de la forma  $Y = a + bx_1 + bx_2$



La generación del modelo de biomasa aérea vs diámetro, presentó un coeficiente de determinación de  $R^2$  del 0,86 que equivale al 86%, donde se deduce que el modelo tiene un alto grado de confiabilidad del 99% y puede ser utilizado en investigaciones similares con la variable de diámetro. (Figura 4).

**Figura 4.** Relación entre biomasa aérea Tonha<sup>-1</sup> vs diámetro (cm) en *Acacia decurrens* con el modelo de la forma  $Y = a + bx_1 + bx_2$



Finalmente, se afirma que los modelos de las especies *Alnus jorullensis* y *Acacia decurrens*, puede utilizarse para generar estimaciones de biomasa teniendo en cuenta las dos variables de altura y diámetro. Se recomienda estos modelos para ser validados en otras investigaciones.

## CONCLUSIONES

La especies con mayor producción de biomasa y acumulación de carbono fueron *Acacia decurrens* y *Alnus jorullensis*; y la especie que presentó el valor más bajo fue *Tecoma stans*.

La elaboración de modelos alométricos permite evaluar la cantidad de biomasa que almacena cualquier especie, sin recurrir al método destructivo, esto permite estudiar grandes poblaciones, simulando los modelos a largo plazo, evitando la pérdida de individuos en un ecosistema.

El modelo que presento mas alto el coeficiente de determinación, para la estimación de biomasa fue  $B_t = -0,191657 + 0,0319527 * D + 0,00218935 * H_t$ , de la especie *Alnus jorullensis* con un coeficiente de determinación de 93%, esto se relaciona con la cantidad de biomasa producida al año de esta especie.

Con base en esta investigación se concluye que las especies *Acacia decurrens* y *Alnus jorullensis* pueden ser recomendadas para establecerlas en forma de cercas vivas por su capacidad de producción de biomasa y captura de carbono.

## BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, M et al. Un método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas de vegetación.

ACOSTA, J. y TUPAZ, F. Cuantificación De La Captura De Carbono Por La Biomasa Aérea De Aliso (*Alnus Jorullensis H B K*) En Dos Arreglos Experimentales En La Granja Experimental Botana. Trabajo De Grado Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto 2007

BEER, J; HARVEY, C; HARMAND, J; IBRAHIM, M; JIMÉNEZ, F; SOMARRIBA, E. 2003. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. Agroforestería de las Américas, Vol. 10 No 37-38. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p 80-87.

BRAVO, K. y ROSERO, D. 2010. Evaluación de biomasa aérea y cantidad de carbono en leñosas perennes en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto.

CABRERA, A; MOSQUERA, J. Estimación de biomasa aérea y captura de carbono en el componente arbóreo de arboles dispersos en potreros con motilón silvestre (*freziera canenscens*). En el corregimiento de cabrera. Trabajo De Grado Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto. 2007

CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Turrialba, Costa Rica. Ed. J Cordero y DH Boshier. CATIE. 1079 p.

CORREA, J. & BERNAL, H. Especies Vegetales promisorias de los países del convenio Andrés Bello. Talleres de Editora Guadalupe Ltda. Bogotá, Colombia. 1990. 569 p

DIXON R. 1995. Sistemas agroforestales y gases invernadero. Agroforesteria en las Américas. 2.  
HOLDRIDGE, L. 1967. Ecología Basada en Zonas de Vida, 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA,  
(1982).

KANNINEN, M. Los bosques y el cambio global. En: Tercer Congreso forestal centroamericano.  
(2º: 1997 San José). Resúmenes de ponencias del III congreso forestal centroamericano. Heredia  
(Costa Rica): Impresos Belén, 1997. p. 2-5.

LASH, J. y WELLINGTON, F. Ventaja competitiva frente al calentamiento global. En: Harvard  
Business Review. 2007; Volumen 85. Numero 3. Pag. 67-77.

LÓPEZ, A: aporte de los sistemas agroforestales al secuestro de carbono en el suelo. Tesis Mag  
Sc. Turrialba CATIE Costa Rica 1998; 50 pag.

MACDICKEN, K. 1997. A guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry  
Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development.

MERA, A. y ZAMORA, C. 2003 Establecimiento y evaluación inicial del arreglo árboles  
dispersos en asociación con pasto kikuyo en el altiplano de Pasto. San Juan de Pasto: Universidad  
de Nariño. Tesis de grado. 96 p.

MUÑOZ, H. Cuantificación de carbono almacenado en dos sistemas agroforestales en la estación  
experimental Santa Catalina – INIAP, Ecuador. Tesis de grado, Ingeniería Agroforestal, Pasto,  
Universidad de Nariño, 2007.

NARVAEZ, W. 2000. Sistema agroforestal laurel de cera (*Myrica pubescens* H.B.K) intercalado con cultivos transitorios en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto.

RAMÍREZ, O. y GÓMEZ, M. Estimación y valoración económica del almacenamiento de Carbono. En: Revista Forestal Centroamericana. No 27, (Jul- Sep), 1999; 17-22.

ROSAS W. y SALAZAR, M. Estimación de la biomasa y el carbono en el sistema agroforestal cercos vivos en la vereda Mocondino, municipio de Pasto. Pasto, 2004. 81p. Trabajo de grado (Ingeniero agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.

RÜGNITZ M, CHACÓN T y PORRO R. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). Lima, Perú. 2009. 79 p

SAGE, L F. y SANCHEZ, O. 2002. Evolución esperada para el Mercado de pago de servicios ambientales en Costa Rica. Revista forestal Centroamericana. 72-73

SEGURA, M y KANNINEN, M. Inventarios para estimar Carbono en ecosistemas forestales tropicales. En. OROZCO, L. y BRUMÉR, C. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba: CATIE, 2002. p. 202-22.

SHUTTLEWORTH. 1999 Problemas de la tierra por la deforestación: EEUU. 1999. pag 657.