

**CAPTURA DE CARBONO EN LA BIOMASA AEREA EN PINO (*Pinus patula*)  
MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**CARBON CAPTURE IN THE AIR BIOMASS IN PINE (*Pinus patula*)  
MUNICIPALITY OF PASTO, DEPARTMENT OF NARIÑO.**

Viviana, Benavides S <sup>1</sup>  
Katalina Montenegro R<sup>1</sup>  
Javier León Guevara

**RESUMEN**

El presente trabajo se realizó en el Centro Ambiental Chimayoy en el municipio de Pasto ubicado a cinco kilómetros de la ciudad de Pasto en donde se evaluó el contenido de carbono en la biomasa aérea (fuste, follaje y residuos de extracción) de una plantación de 15 años de pino *Pinus patula*.

Se utilizó la metodología propuesta por McDiken (2007a), aplicando el muestreo directo e indirecto (modelación), se tomaron datos dendrométricos para seleccionar los árboles representativos para un total de ocho árboles para 18 hectáreas, la biomasa de cada árbol se fraccionó en follaje, fuste, y los residuos resultantes de la cubicación de aprovechamiento, posteriormente se tomaron muestras de un kilo de cada componente para ser llevados los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño para determinar la materia seca.

Los resultados permitieron conocer la biomasa aérea y la captura de carbono para la plantación de pino *P. patula*, con un total de 50.07 tn/ha de carbono. Se encontró que la

---

<sup>1</sup> Ingeniera Agroforestal, Facultades de ciencias agrícolas, Programa de Ing agroforestal, Universidad de Nariño

mayor acumulación de carbono fue en el componente fuste con un 37.33%, del total del árbol, el cual permitirá ser la base estratégica para plantaciones forestales del trópico de altura y mediante la cubicación conocer la fuga de carbono, representada por su permanencia en la superficie del suelo.

**Palabras claves:** aprovechamiento, medición forestal, turno, fijación.

## ABSTRACT

The present work was carried out in the environmental center Chimayó in the municipality of Pastaza located five kilometers from the city of Pastaza where was evaluated the content of carbon in the air biomass (importance, foliage and residues of extraction) of a plantation of 15 years of pine *Pinus patula*.

The proposed methodology was utilized by McDiken (2007a), applying the direct and indirect sampling (modelación), data were taken dendrometrically to select the representative trees for a total of eight trees for 18 hectares, the biomass of each tree themselves fractionated in foliage, importance, and the resultant residues of the cubicación of aprovechamiento, subsequently samples of a kilogram of each component were taken for to be carried to the laboratories specialized of the University of Nariño to determine the dry matter.

The results permitted to know the air biomass and the capture of carbon for the plantation of pine *P. patula*, with a total of 50,07 tn/ha of carbon. It was found that the greater accumulation of carbon was in the component importance with a 37.33%, of the total of the tree, which will permit to be the strategic base for forest plantations of the tropic of height and by means of the cubicación to know the leak of carbon, represented by its continuance in the surface of the floor.

keywords: aprovechamiento, forest measurement, shift, fixation.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas con el desarrollo desmesurado de algunas economías, la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera ha aumentando considerablemente, esto tiene como consecuencia un incremento en la temperatura ambiental de la tierra que podría generar un cambio climático que conlleva a las alteraciones en los ciclos hídricos, sequías, inundaciones y más desastres naturales que comprometerían la existencia de vida en el planeta Wigley, (1999).

Según Berneri (2007a), en la época de la revolución industrial las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en la atmósfera no alcanzaban a los 280 ppm. En la actualidad superan las 380 ppm y se espera que para el año 2060 se llegue a las 500 ppm. Es así que durante los últimos 12 años, el incremento medio por año ha sido de 1,9 ppm, constituyéndose este periodo en el más creciente desde que se iniciaron los registros del CO<sub>2</sub> atmosférico.

Posiblemente, esto se ha intensificado por las acciones antrópicas en el uso de combustibles fósiles, así como a la destrucción de muchos sistemas ecológicos que aportan un equilibrio dinámico de gases en la atmósfera GREENPEACE, (2004).

La contribución de los gases comunes de efecto invernadero al calentamiento global según Berneri (2007b) es el siguiente: CO<sub>2</sub> por efecto de la quema de combustibles fósiles y la deforestación lo cual contribuye con el 55%; clorofluoros carbonos (CFC) y gases afines hidrofluorocarbono HFC y hidroclorofluorocarbono HCFC por usos industriales y agricultura intensiva con el 24% y metano (CH<sub>4</sub>) producto de la minería de carbón, fugas de gas, respiración de plantas y suelos que contribuyen con el 15% del calentamiento de la tierra.

La cuantificación de captura de carbono para especies forestales, se realiza a través de estimación de biomasa, conociendo como tal la cantidad total de materia orgánica viva de la parte aérea de las plantas, expresada como toneladas en peso seco al horno por unidad de área Brown,(1997). Dicha estimación se puede realizar por el método destructivo que consiste en apear los árboles y realizar las mediciones respectivas, o por el método no destructivo, el cual estima la biomasa por medio de análisis de regresión.

Los bosques naturales y plantaciones ofrecen la oportunidad de mitigar, en gran parte, los efectos del cambio climático provocado por el GEI, debido a que los árboles mediante la fotosíntesis pueden transformar el CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub>; sin embargo, estos son depósitos temporales de carbono al controlarlos, quemarlos, o al morir por causas naturales, parte del carbono es liberado nuevamente a la atmósfera a través de los procesos de descomposición o quema Fundación Solar (2000).

El objetivo del presente estudio fue determinar la captura de carbono almacenado en la biomasa aérea de una plantación de pino *P patula*, que permitirá contribuir a la generación de información útil para la promoción del manejo forestal sostenible y para el diseño de proyectos que presenten propósitos de captura y reducción de emisiones de GEI.

## METODOLOGIA

**Localización del proyecto.** La investigación se realizó en febrero de 2008 en una plantación de 15 años de edad, con un área de 18 ha<sup>-1</sup>, con una distancia de 4.0 x 4.5 m que equivale a 556 árboles/ha, que se localizó en el Centro Ambiental Chimayoy, propiedad de Coorponariño, Municipio de Pasto, ubicado a 2750 msnm con temperatura de 7 a 15°C y precipitación de 910 mm anuales, según la clasificación de las zonas de

vida propuesta por Holdridge (1987), la zona de estudio se encuentra ubicada en el bosque seco montano bajo (bs-MB).

**Reconocimiento y selección de sitios de muestreo.** La especie evaluada *P patula*, perteneciente a una plantación homogénea, no presenta manejo silvicultural. Se realizó el inventario registrando datos de la plantación en dónde se tomaron registros dendrométricos (altura total, comercial y diámetros) los cuales se registraron por medio del programa sas donde analizaron los datos, se agrupan y de esta forma facilitar su análisis.

**Determinación de materia fresca.** Teniendo en cuenta la metodología propuesta por MacDicken (1997b), se tomaron cinco parcelas de 100 m<sup>2</sup> cada una, seleccionando mediante el muestreo al azar 8 árboles con el fin de determinar biomasa aérea, para ello se apeo y se fraccionó en componentes (follaje y fuste), se tomó posteriormente un kilogramo de cada uno, para ser llevados a los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño y determinar la materia seca la cual se la obtuvo secándola al horno a una temperatura de 80°C por 72 horas.

**Determinación de carbono en la biomasa.** El carbono se calculó, tomando en cuenta la fracción de carbono de 0,5. Teniendo los datos que involucra el contenido de carbono en la biomasa seca y la relación entre el peso de la molécula de CO<sub>2</sub> y el peso del átomo de carbono. Para Brown, citado por Salazar y Rosas (2004) “El contenido de carbono en un gramo de biomasa aérea es igual a 0.5 gramos de C”. El cual también es aprobado por el panel intergubernamental de cambio climático IPCC para proyectos de captura y almacenamiento de carbono.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización de la plantación.** De los ocho árboles seleccionados, el promedio para DAP es 21.07 cm, 17.64 m altura, 0.037 área basal y 0.359 m<sup>3</sup> volumen (tabla1)

**Tabla 1. Variables dendrométricas evaluadas para el pino *P patula* Centro Ambiental Chimayoy, Pasto.**

Árbol	Dap (cm)	Altura (m)	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	25.6	17.4	0.058	0.606
2	18.6	19.7	0.027	0.319
3	14.9	16.8	0.017	0.171
4	27.1	21.8	0.058	0.759
5	27.8	16.6	0.061	0.608
6	18.7	15.5	0.028	0.260
7	13.1	13.7	0.014	0.115
8	22.8	19.7	0.040	0.472
<b>Prom.</b>	<b>21.07</b>	<b>17.64</b>	<b>0.037</b>	<b>0.359</b>

Fuente: esta investigación

**Biomasa y carbono almacenado.** En la tabla 2, se describe los datos de biomasa fresca total, la cual fue 193.26 tn/ha<sup>-1</sup>, el fuste representó una biomasa de 72.17 tn/ha (37.2%), y el valor más bajo fue follaje con 55.41 tn/ha, (28.5%). Posiblemente, estas diferencias se deben a la densidad de siembra, donde los árboles de *P Patula*, tienden a formar un fuste recto y presentan un crecimiento rápido, con un follaje reducido en comparación con el peso del fuste (tronco).

**Tabla 2. Valores de biomasa aérea (peso seco) por componente en una plantación de *P patula* Pasto.**

<b>Biomasa por componente tn/ha</b>				
<b>Componente</b>	<b>Follaje</b>	<b>Troza cubicada</b>	<b>Desperdicios luego de cubicar</b>	<b>Total</b>
Peso fresco	55.41	72.17	65.72	193.26
Peso seco	26.33	46.84	26.97	100.14
Peso agua	29.05	25.33	38.75	93.15
Captura de carbono	13.17	23.41	13.48	50.07
Fuga de C en el campo				121.14

Fuente: esta investigación

De acuerdo con los resultados de la tabla 2 se determina que el *P Patula* es una especie capaz de almacenar grandes cantidades de agua, ya que el agua evaporada para obtener el peso fresco en más de la mitad del peso total del árbol (93.15), el cual es relativo ya que depende mucho de factores como: época de lluvia, verano, edad etc.

De los 193.26 ton/ha, solo se utiliza 72,17 tn/ha y el resto (121.14 ton/ha) son desperdicios, en cuanto a la pérdida de C es 13.17 para follaje y 13.48 para desperdicios luego de cubicar; para captura de carbono es 23.41tn/ha, lo cual permite establecer que el fuste es donde más concentración de carbono existe, sin embargo los desechos que quedan en campo son aprovechados a mediano o largo plazo donde con el tiempo y por medio del ciclo del carbono se convierten CO<sub>2</sub>.

El peso seco total fue de 100.14 tn/ha, donde el fuste fue de 46.84 tn/ha equivalentes al 46.7% los valores del follaje y desperdicios no presentaron diferencias con 26.33 y 26.97 tn/ha respectivamente equivalentes al 26.6 % cada uno.

Con base a lo encontrado en captura de carbono, en las 18 ha la plantación presenta una captura de 901.29 tn, el fuste presentó el valor más alto 421.38tn y existe una fuga de C expresada en desperdicios de 479.7 tn.

No existen diferencias significativas en captura de C de follaje y fuste, puesto que son muy similares 13.17 y 13.48 tn/ha respectivamente; al contrario en el estudio realizado por Ordoñez et. al., (2008), el motilón silvestre *Freziera sp* registra que la biomasa aérea en ramas es mayor que el fuste y hojas, puesto que los árboles de motilón silvestre empiezan a bifurcarse a partir de 1.5 m aproximadamente.

Los datos encontrados de carbono total de biomasa aérea fué para *P patula* 50.07 tn/ha, a diferencia de lo reportado por Montero, et. al. (2008), una plantación de *P patula* de 24 años de edad presenta una acumulación de 39 tn/ha de carbono, inferior al encontrado en la presente investigación, esto nos permite establecer que existen diferentes factores que permiten la mayor acumulación de carbono ej: manejo de la plantación (entresacas) y condiciones ambientales (lluvia, brillo solar, e incluso la adaptación de la zona) que le ha permitido desarrollarse favorablemente para mayor captura de carbono.

**Modelación de *P patula* (biomasa):** estimación de los parámetros y del mejor modelo para estimar biomasa aérea total en función de las variable predictora (dap, altura total, volumen y área basal).

**Tabla 3. Ecuaciones de biomasa aérea total en función del (dap, altura total, volumen y área basal) en pino (*Pinus patula*). Nariño-Pasto. 2008**

Modelo	A	B	R <sup>2</sup>	CV	Pr >F
Y = ax+bx <sup>2</sup>	1289.15	-8.12,53	0,95	28.33	0,0004
Y = ah+bx <sup>2</sup>	8,92	0,34	0,91	37,56	0,0006
Y = ag+bx <sup>2</sup>	14.897.04	116485,41	0,93	33,89	0.0003
Y = av+bx <sup>2</sup>	-17,23	2,05	0.92	35,24	0.0004

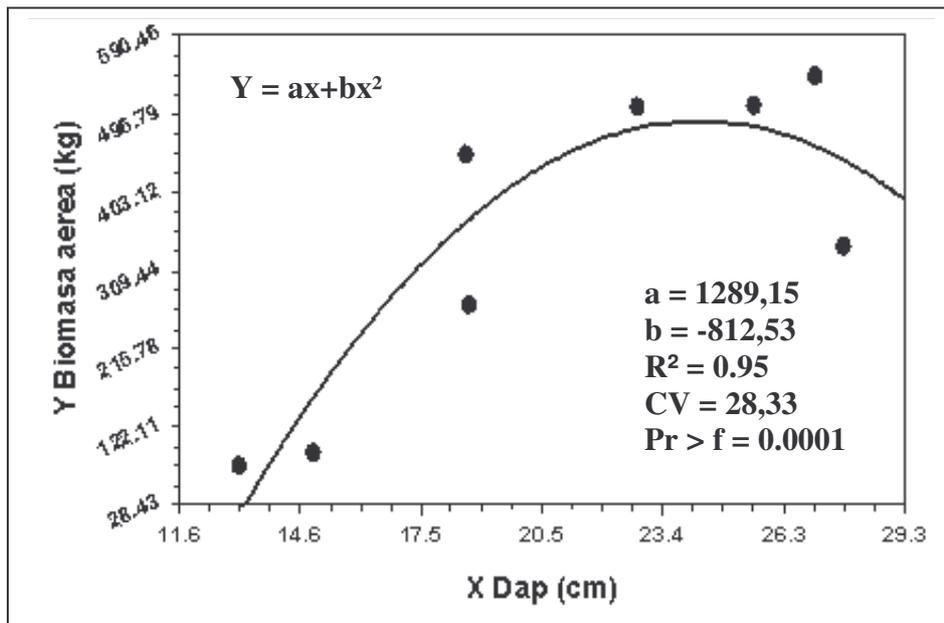
Y: biomasa total (Kg); x: diámetro a la altura del pecho (1.3m) en cm.; h: altura total en m; v: volumen en m<sup>3</sup>;g: área basal en m<sup>2</sup>; a y b: Coeficientes de regresión; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación.

La relación entre biomasa total y las variable independientes dap, altura total, área basal y volumen en los modelos ajustados fue estadísticamente significativo con coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) entre 0.91 a 0.95, dónde explican la alta correlación de los datos y

ajuste del modelo. Los modelos estimados, afirman la confiabilidad de las ecuaciones para predecir la Biomasa aérea total con un bajo error de estimación como se presenta en la figura 1.

En un estudio realizado por Brown, (1996a) para captura de carbono, en coníferas utilizando como variables la biomasa y el dap se obtuvo un  $R^2$  0.98, donde la ecuación es exponencial. Para otro estudio realizado por Brown, (1996b) en banano (*Mimosa scabrella*), tomando las mismas variables arrojó un  $R^2$  de 0.99 para una ecuación lineal, lo cual permite establecer que los diferentes modelos alometricos aplicados a otras especies son de alto ajuste, lo que nos arroja un alto grado de confiabilidad para su utilización.

**Figura 1.modelo cuadrático en función de la biomasa aérea total y el DAP) en pino (*Pinus patula*).**



El análisis de tendencia de biomasa total en función del DAP se ajustó a un modelo cuadrático de la forma  $Y = ax + bx^2$  en donde Y es la biomasa total; x el DAP con un  $R^2 = 0.95$  y con un CV = de 28,33 que demuestra un 95% de ajuste y una confiabilidad superior

a 99%. En este modelo se determina que la biomasa y el dap tienen alto coeficiente de relación.

En un estudio de bosques secundarios para la determinación de captura de carbono realizado por Saldarriaga et al. (1988), Uhi et al. (1988), Hughes et al. (1999) se encontró que para el dap en relación con la biomasa aérea, el modelo logarítmico fue el único que presentó buen ajuste con los datos de estudio  $R^2 = 0.90$ .

## CONCLUSIONES

El contenido de carbono para los 556 árboles fue de 50.07 tn/c/ha donde cada árbol puede presentar una captura de 90.07kg, convirtiéndose en un alto sumidero de carbono.

La biomasa (ramas, fuste y desperdicios) 100.14 tn/ha donde el mayor peso fue del fuste, área donde hay una mayor fijación de carbono en el árbol, lo que confirma algunas investigaciones en la misma y en la mayoría de otras especies, seguidas de ramas y desperdicios de la cubicación.

El modelo que mejor se ajustó fue de  $Y = ax + bx^2$  puesto que representó un  $R^2 = 0.95$  lo que significa que es un modelo muy confiable por su alto grado de relación, el cual permitirá aplicarse en plantaciones de aprovechamiento de la misma especie.

Los modelos alométricos cuadráticos fueron los de mejor ajuste a los datos de la biomasa aérea total de los árboles el fuste fue el más representativo, mientras que el mismo modelo para la estimar biomasa en altura, área basal y volumen presentaron poca precisión.

Existen grandes cantidades de biomasa aérea, que una vez realizado el aprovechamiento, el cual se convierte en fuga de carbono, y queda en el suelo posibilitando el aumento de microorganismos descomponedores.

## BIBLIOGRAFÍA

BERNERI, R. 2007. Efecto invernadero, [www.Consultas/efecto invernadero-Monografias\\_com.mht](http://www.Consultas/efecto_invernadero-Monografias_com.mht) 3 p.; consulta: junio 2008.

BROWN, S. 1996. Biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian

BROWN, S. 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. In Congreso Forestal Mundial, Natalía, Turquía 11p.

FUNDACIÓN SOLAR, 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo Ed. Márquez, Guatemala, GT 31 p.

GREENPEACE. 2004 Captura y secuestro de carbono (CSC), una inyección arriesgada. Disponible en internet:  
<http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/captura-y-secuestro-de-carbono.pdf>

HOLDRIDGE, L. 1978 Ecología Basada en Zonas de Vida. San José de Costa Rica: IICA, . 216. p.

HUGHES, R, JARAMILLO, V 1999 Biomass, carbon and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of Mexico. Ecology 80(6)

HUSCH, B. 2001. Estimación del Contenido de Carbono en Bosques. Simposi Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia – Chile. 9 p.

MACDIKEN, K. A 1997 Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. S. Winrock International Institute for Agricultural Development. 87 p.

MONTERO, G. MUÑOZ, M. DONES, J. ROJO, A, 2008. Biomasa y Carbono en plantaciones de *Terminalia amazonia* en la zona Sur de Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana. N°39-40: 50 – 55p.

MUÑOZ, J, RAMOS, R, RIOFRIO, J, NIETO, C, ANDRADE, H, 2007 Modelos alometricos para estimación de biomasa en aliso (*Alnus acuminata* O. Kuntze) en sistema agroforestal, en la sierra ecuatoriana.

ORDOÑEZ, H. MUÑOZ, D. CABRERA, G. MOSQUERA, J. 2008 Estimación de la biomasa aérea y captura de carbono en arboles dispersos con motilón silvestre (*Freziera canescens*) departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero agroforestal, Facultad de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 12 p.

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

SALDARRIAGA, J. WEST, D. 1988 Long-term chronosequence of forest succession in the upper rio negro of Colombia and Venezuela. Journal of ecology. 76 p

UHL, C. BUSCHBACHER, R. SERRAO, E 1988. Abandoned pastures in eastern Amazônia, 1, patterns of plant succession. Journal of ecology. 581p

WIGLEY, T. M. L., 1999. The science of climate change: global and US perspectives.  
Washington, Pew Center on Global Climate Change. 48 p.