



Estimación captura del carbono retenido en plantaciones de *Acacia mangium Willd* en la Empresa Agroforestal Pinar del Río

Estimation of carbon capture retained in *Acacia mangium Willd* plantations in the Pinar del Río Agroforestry Company

Daymarelis Baños Izquierdo

Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Cuba

Recibido: 18 de julio 2018

Aprobado: 02 de mayo de 2019

RESUMEN

La investigación se realizó en plantaciones de *Acacia mangium Willd*, ubicadas en el lote 76, rodal 6 de la Unidad Silvícola San Juan y Martínez perteneciente a la Empresa Agroforestal Integral (EAF) Pinar del Río con el objetivo de obtener modelos matemáticos para la estimación de carbono en plantaciones de *A. mangium*. Se realizó un muestreo aleatorio simple, en los cuales se realizó un inventario piloto para determinar la variabilidad, tomándose los diámetros de todos los árboles a 1, 30 m sobre el nivel del suelo y la altura de dos árboles por clase dimétricas, se calculó el diámetro medio y la altura media y se procedió a determinar el volumen por la fórmula de la Norma 595/82, a continuación, se determinó el tamaño de muestra en función de la variabilidad y error de muestreo máximo permisible. La estimación de la biomasa y el carbono de los árboles en pie se realizó a partir de una muestra de 20 árboles a cada uno de ellos se le midió el diámetro normal, el

ABSTRACT

The investigation was carried out in plantations of *Acacia mangium Willd*, located in the lot 76, area 6 of the Unit Silvícola San Juan y Martínez belonging to the Company Integral Agroforestal (EAF) Pinar del Río. In the survey was carried out a simple random sampling, in which was carried out an inventory pole to determine the variability, taking the diameters from all the trees to 1, 30 m on the level of the floor and the height of two trees for class of diameters, it was calculated the half diameter and the half height and you proceeded to determine the volume for the Norma's formula 595/82, next the sample size was determined in function of the variability and error of permissible maximum sampling. The estimate of the biomass and the carbon of the trees in foot were carried out starting from a sample of 20 trees to each one of them he/she was measured the normal diameter, the diameter of the stump and the glass diameter; later on they were cut, separating the branches and the leaves

diámetro del tocón y el diámetro de copa; posteriormente fueron talados, separando las ramas y las hojas pesándose por separado la biomasa de cada uno; además se determinó la biomasa del fuste a partir del volumen. Mediante el empleo de técnicas estadístico-matemáticas se obtuvieron modelos para la estimación del carbono retenido en el fuste (CRF) y en la biomasa aérea (CRBA) por componentes de los árboles en pie. Los modelos con transformaciones cúbicas y la exponencial resultaron los más adecuadas para realizar la determinación de carbono retenido en el fuste y en la biomasa aérea para la especie *A. mangium*.

Palabras clave: Estimación; biomasa; carbono; *Acacia mangium*.

being weighed for separate the biomass of each one; the biomass of the shaft was also determined starting from the volume. By means of the employment of techniques statistical-mathematics models were obtained to carry out the estimate of the carbon retained in the shaft (CRF) and in the air biomass (CRBA) for components of the trees in foot. The equations with cubic transformations in the case of the CRF and the exponential one for CRBA were the most appropriate.

Keywords: Estimate; biomass; carbon; *Acacia mangium*.

INTRODUCCIÓN

Las especies forestales representan una importante alternativa, al obtener alta producción de biomasa y maximizar el fenómeno de la fotosíntesis; y, por lo tanto, la capacidad de almacenar el carbono del aire en medios estables. Y ello se convierte en una alternativa práctica y real para la regulación ambiental; y es, precisamente en la franja tropical, donde se encuentran las mayores ventajas naturales para desarrollar esta línea de restauración ambiental. Lo que se hace imprescindible conocer la capacidad de captura de carbono de estas especies, una de estas es *A. mangium*, especie exótica, introducida en Cuba en 1984 a nivel de parcelas experimentales como parte de estudios de especies y procedencias en varias localidades de la isla, incluidas la Estación de Itabo en Matanzas, Villa Clara y Viñales (Veitia, 2006).

En la actualidad entre las razones para fomentar las plantaciones de *A. mangium* en Cuba y el mundo están asociadas con el valor económico, social y por supuesto el ambiental de esta especie, que están respaldadas por sus características de

especie de crecimiento rápido y mejoradora de los sitios de características físico-químicas de los suelos relativamente difíciles, también los múltiples usos de su madera y de otros productos no maderables (Veitia, 2006). Por lo que se plantea como objetivo obtener modelos matemáticos para la estimación de carbono en plantaciones de *A. mangium* en la EAF Pinar del Río.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el lote 76, rodal 6 de la Unidad Silvícola San Juan y Martínez perteneciente a la Empresa Agroforestal Integral (EAF) Pinar del Río, ubicada en la parte Centro y Sur de la provincia, ubicada en el municipio del mismo nombre San Juan y Martínez.

Medición de la Biomasa total

En este estudio se derribaron y cubicaron rigurosamente 20 árboles *Acacia*

mangium Willd para determinar la biomasa aérea total, por componente y el carbono retenido en la madera, siguiendo los criterios (Montero *et al.*, 2004; 2006),

Para realizar la recopilación de la información en el campo fueron utilizados los siguientes instrumentos y medios de trabajo: hacha, motosierra, cinta diamétrica, cinta métrica (30 m), mantas (4 x 2 m) y sogas de 8 m, machete y pesa de brazo (100 kg).

La determinación de la biomasa de fuste de cada árbol se obtuvo en base a la determinación del volumen por la fórmula de Smalian:

$$V = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n \frac{(d_1 - d_2)}{2} * l$$

Donde:

V : Volumen del árbol

*d*₁ : diámetro del extremo mayor

*d*₂ : diámetro del extremo menor

L : longitud de cada troza

y la utilización de la densidad la densidad verde (620 Kg/m³), de la madera determinada por (Acosta y Pérez, 2013), utilizándose para ello las ecuaciones:

$$BFV = V_f * D_v$$

Donde:

BFV : Biomasa del fuste verde

V_f : Volumen del fuste

D_v : Densidad verde

Estimación de la biomasa aérea por métodos indirectos:

Para la estimación de biomasa aérea se seleccionó el modelo desarrollado por Chave *et al.* (2014), el cual se expresa como:

$$BA = 0.673 * (De * DAP2 * H) 0.976$$

Dónde:

BA: biomasa aérea (Kg/ind.)

De: densidad de la madera (g/cm³)

DAP: diámetro a la altura del pecho (cm)

H: altura total (m)

Cálculo del contenido de carbono de la biomasa

La biomasa calculada para la especie se transformó utilizando la fracción de carbono (FC) = 0,47, propuesta por el IPCC (2006) para la biomasa forestal aérea. En el caso de la biomasa del fuste se utilizó la FC = 0,49 según lo recomendado por el (IPCC, 2006).

Contenido de carbono en el fuste se obtuvo mediante la ecuación:

$$CRF = BFSSC * Ccm$$

Donde:

CRF: Carbono retenido en el fuste

BFSSC: Biomasa del fuste

Ccm: Coeficiente de carbono en la madera (0,49), para árboles tropicales y subtropicales propuesta por el IPCC (2006) **La estimación del carbono en la biomasa aérea se obtuvo mediante las ecuaciones:**

$$CRBA = Ba * Ccf$$

Donde:

CRBA: Carbono retenido en la biomasa aérea

Ba: Biomasa aérea

Ccf: Coeficiente de carbono en la biomasa aérea (0,47), para árboles tropicales y subtropicales propuesta por el IPCC (2006).

Análisis estadístico

Para el ajuste de los modelos, se realizaron los análisis de correlación de Spearman (r) para las variables dasométricas medidas en el muestreo, los datos de biomasa y carbono para la especie; se identificaron las variables que más relación tuviera con el carbono retenido en el fuste (CRF) y en la biomasa aérea (CRBA) para utilizarla en los modelos.

Se validaron los supuestos de normalidad, independencia y varianza constante de los errores, al igual que la homogeneidad de varianzas (Segura y Andrade 2008).

En la Tabla 1 se observa la relación entre las variables medidas en la investigación con un coeficiente de correlación significativo al 0,01, con un alto coeficiente entre el D_{1.30} y las variables carbono retenido en el fuste (CRF) y carbono retenido en la biomasa aérea (CRBA), con valores de 0,944 y 0,958 respectivamente, lo que demuestra la alta correlación que existe entre estas variables lo que concuerda con estudios realizados por Montealegre *et al.* (2013) en Colombia para *Caraipa llanorum* y Toirac (2013) en Cuba para *Pinus maestrensis* Bisse.

Lo cual no nos lleva a afirmar que para elaborar modelos para la estimación del CRF y CRBA se deben tomar el diámetro como variable predictora, este hecho revela una ventaja ya que en los inventarios de plantaciones o bosques naturales siempre consideran esta variable por su fácil medición en campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Relación entre las variables dasométricas estudiadas

Tabla 1- Correlación de Sperman

			D1.30	Ht	Vt	Bt	DC	BTA	CRF	CRBA
Sperman	D1.30	Coefficiente de correlación	1,000	,575**	,984**	,944**	,701**	,722**	,944**	,958**
	Ht	Coefficiente de correlación	,575**	1,000	,520**	,623**	,515**	,565**	,623**	,720**
	Vt	Coefficiente de correlación	,984**	,520**	1,000	,917**	,641**	,666**	,917**	,922**
	Dcopa	Coefficiente de correlación	,701**	,515**	,641**	,736**	1,000	,895**	,736**	,752**
	CRF	Coefficiente de correlación	0,94**	0,62**	0,92**	1,000**	0,74**	0,76**	1,000	0,94**
	CRBA	Coefficiente de correlación	0,96**	0,72**	0,92**	0,94**	0,75**	0,79**	0,94**	1,000

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas)

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Estimación carbono retenido en el fuste:

El análisis de la significación de los coeficientes de regresión se obtiene en la

tabla 2 donde se observa todos los modelos presentas coeficientes de regresión no estandarizados significativos $Q < 0,05$.

Tabla 2- Modelos empleados y sus coeficientes de regresión

Modelo	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	0,00	-28,964	260,537	2263,344	
Cúbico	0,00	302,130	-5461,011	32301,982	-49203,522
Potencia	0,00	2887,498	2,026		
Crecimiento	0,00	2,490	10,789		
Exponencial	0,00	12,058	10,789		

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el análisis de la capacidad predictiva del modelo, se obtiene el modelo de mejor predicción con los estadísticos DA y RECM (Tabla 3). Una vez analizado los residuos de cada uno de estos modelos, demuestra que los

menores valores de RECM y DA los muestra el modelo Cúbico, demostrando que es el modelo de mejor ajuste; obteniéndose las estimaciones del CRF (Figura 1).

$$CRF = 196.4046119420461 + -3406.492136714627 \cdot D1.30 + 20330.55259962078 \cdot D1.30^2 + -146.719321111672 \cdot D1.30^3$$

Tabla 3- Análisis de los residuos la RECM y DA del CRF

Modelo	RECM	DA
Cuadrático	6,86274941	1,57895000E-06
Cúbico	3,66985058	-0,05772756
Potencia	7,57521467	0,796392105
Crecimiento	39,539529	0,822496316
Exponencial	39,539529	-0,82249633

Fuente: Elaboración propia.

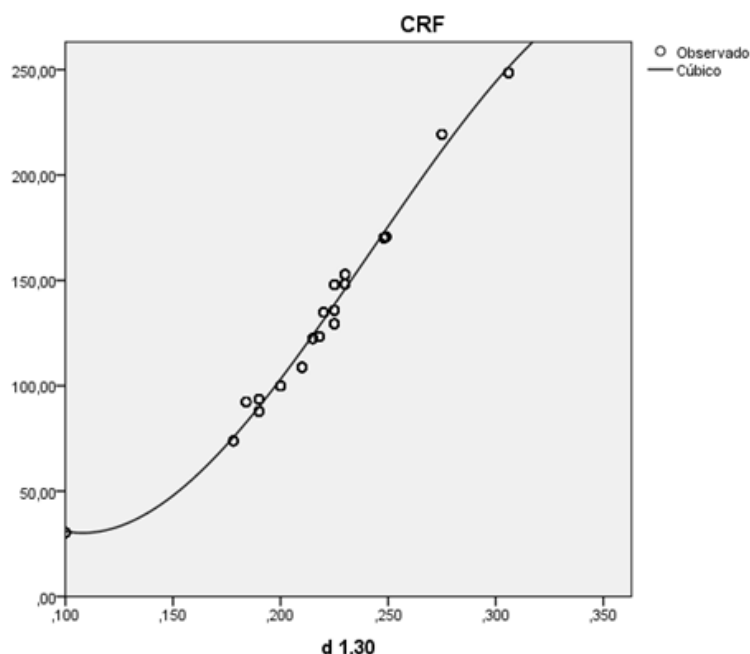


Fig. 1- Carbono retenido en el fuste ajustado al modelo cúbico

Fuente: Elaboración propia.

Díaz et al. (2007), obtuvieron el modelo $C_{L1}=0,021 \cdot D^{0,25}$ para *Pinus patula* Schl. et. Cham; Avendaño et al. (2009), el modelo $C_{L1}=0,0332 \cdot D^{0,25}$ para *Abies religiosa*; Acosta et al. (2011) el modelo $C=0,0808 \cdot D^{0,25}$ para *Alnus arguta* (Schubert); $C=0,2249 \cdot D^{0,25}$ para *Clethra mexicana* DC y Tórac (2013) para *Pinus maestrensis* Bisse, el modelo logarítmico $\ln CRF = -3,7067 \pm 0,1529 + 2,5408 \pm 0,0460 \cdot \ln d_{normal}$

$$\ln CRF = -3,7067 (\pm 0,1529) + 2,5408 (\pm 0,0460) \cdot \ln d_{normal}$$

El análisis de la significación de los coeficientes de regresión se obtiene en la Tabla 4 donde se observa todos los modelos presentan coeficientes de regresión no estandarizados significativos $Q < 0,05$.

3.3. Estimación de Carbono en la biomasa aérea

Tabla 4- Modelos empleados y sus coeficientes de regresión

Modelo	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	0,00	-8,370	-186,307	6693,389	
Cúbico	0,00	581,568	-10380,867	60215,736	-87670,018
Potencia	0,00	6909,210	2,138		
Crecimiento	0,00	3,051	11,426		
Exponencial	0,00	21,133	11,426		

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el análisis de la capacidad predictiva del modelo, se obtiene el modelo de mejor predicción con los estadísticos Raíz Media Cuadrática (RECM) y la Diferencia Agregada (DA) como se muestra en la Tabla 5. Una vez analizado los residuos de cada uno de

estos modelos, demuestra que los menores valores de REMC y DA los muestra el modelo Exponencial **for8**, demostrando que es el modelo de mejor ajuste, obteniéndose las estimaciones del CRBA (Figura 2).

Tabla 5- Análisis de los residuos la REMC y DA del CRBA

Modelo	REMC	DA
Cuadrático	25,3123681	0,000001055
Cúbico	22,1151055	0,000000526
Potencia	26,1955365	2,68212842
Crecimiento	40,3636791	0,06042594
Exponencial	15,377957	-0,965487778

Fuente: Elaboración propia.

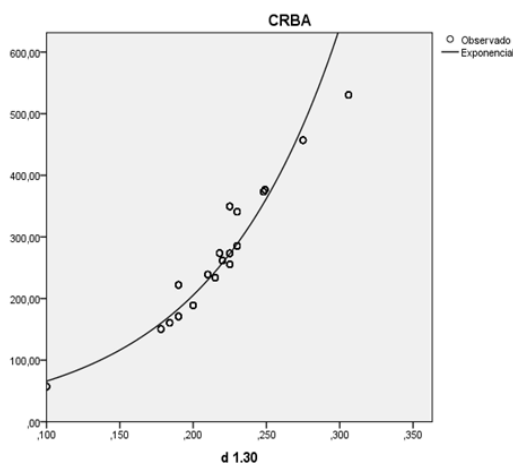


Fig. 2- Carbono retenido en el fuste ajustado al modelo Exponencial

Fuente: Elaboración propia.

Los modelos con transformaciones cúbicas y la exponencial

respectivamente resultaron los más adecuadas para realizar la determinación de carbono retenido en el fuste y en la biomasa aérea para la especie *A. mangium*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M.; Carrillo, F. Y Gómez, R. G. 2011. Estimación De biomasa y carbono en dos especies de Bosque Mesófilo De Montaña. *Revista Mexicana SDe Ciencias Agrícolas* 2 (4), 529-543
- Avendaño, D. Ma.; Acosta, M.; Carrillo, F. Y Etchevers, J. D. 2009. Estimaciones De Biomasa Y Carbono En Bosques De Abies Religiosa. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32 (3): 233 234
- Chave, J. et al. (2014), Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20: 3177-3190.
- Díaz, R.; Acosta, M.; Carrillo, F.; Buendía, E.; Flores, E.; Etchevers, J. D. 2007. Determinación De Ecuaciones Alométricas Para Estimar Biomasa Y Carbono En *Pinus Patula* Schl. Et Cham. *Madera Y Bosque* 13 (1), 2007: 25-34
- Ippc. 2006. *Glosario Del Ippc Para El Cambio Climático*. [En Línea] Disponible En: <http://www.Greenfacts.Org/Es/Cambio-Climatico/Toolboxes/Glossary.htm>
- Ippc. 2007. *Resumen Técnico*. En *Cambio Climático*. 2007. *Mitigación*. Contribución Del Panel Intergubernamental De Expertos Sobre Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, Uk Y Nk.
- Montealegre, 2013. *Biomasa Aérea Y Contenido De Carbono Del Saladillo (Caraipa Llanorum) En Puerto Carreño, Vichada, Colombia*. , Vol. 16. Issn 0120-0739
- Montero, G.; Muñoz, M.; Donés, J.; Rojo A. 2004. Fijación Del Co₂ Por *Pinus Sylvestris* L. Y *Quercus Pyrenaica* Willd En Los Montes "Pinar Valsain" Y "Matas Valsain". *Revista De Investigación Agraria. Sistema Y Recursos Forestales*. Vol. 13 (2): 399-416
- Montero, M. Y Montagnini, F. 2006. Modelos Alométricos Para La Estimación De Biomasa De Diez Especies Nativas En Plantaciones En La Región Atlántica De Costa Rica. *Recursos Naturales Y Ambiente* 45: 118-125.
- Muñoz-Acosta, Freddy, and Pablo A. Moreno-Perez .2013 *Contracciones y Propiedades Físicas de Acacia Mangium Willd., Tectona Grandis L. f. y Terminalia Amazonia A. Chev, Maderas de Plantación En Costa Rica*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente* 19(2): 287-303.
- Pimienta, Domínguez, Aguirre Y Hernández, 2007. Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco, en Pueblo Nuevo, Durango. pp. 35-46.
- Segura, M., & Andrade, H. J. (2008). Captura de carbono en fincas cacaoteras indígenas: Cómo construir modelos alométricos

de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. *Agroforestería en las Américas*, 46, 89-95.

Científico De Doctor En Ciencias Forestales. Upr. Pinar Del Río, Cuba.

Toirac. 2013. Modelación Matemática Para La Estimación De La Biomasa Total, Carbono Y Nitrógeno Retenido En Plantaciones De Pinus Maestrensis Bisse. Tesis Presentada En Opción Al Grado

Veitia, Y. 2006. Comportamiento De Acacia Mangium Willd, En Las Condiciones Edafoclimáticos De Dos Localidades Del Macizo Montañoso Guamuhaya, Para El Fomento De Bosques En Interés De La Defensa. Pinar del Río: S.N.

Copyright (c)



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial 4.0 Internacional