

**AJUSTE DE MODELOS ALOMETRICOS PARA BIOMASA DE
Acacia melanoxylum L. BAJO SISTEMA AGROFORESTAL EN LA SIERRA
ECUATORIANA¹.**

José Riofrío², Raúl Ramos³, Johanna Muñoz⁴

1. INTRODUCCION

El uso de combustibles fósiles y el cambio en el uso del suelo son considerados a nivel mundial como las dos principales fuentes netas de CO₂ a la atmósfera relacionadas con el cambio climático global (Mintzer, 1992). Entre 1989 y 1990 las emisiones de CO₂ provenientes del uso de combustibles fósiles se estimó en 6.0 ± 0.5 Gt⁵ C, comparada con 5.7 ± 0.5 Gt C emitidas en 1987 (IPCC, 1990). Por otro lado, el flujo neto de CO₂ emitido por cambio en el uso del suelo (principalmente por deforestación), se ha estimado en 1.6 ± 1 Gt C para la década de los 80 (IPCC, 1992).

La fijación de carbono se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el CO₂ de la atmósfera producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar la biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles. En ese sentido, los bosques tropicales, las plantaciones forestales, y los sistemas agroforestales, y en general, aquellas actividades que lleven a la ampliación de una cobertura vegetal permanente, pueden cumplir la función de “sumideros de carbono” (Cuéllar *et al*, 1999).

En este contexto es cada vez más importante poder cuantificar la fijación de carbono mediante el crecimiento natural de las especies arbóreas. La generación de estas metodologías para estimar la fijación potencial de C, es necesaria para implementar los procesos de valoración económica, definición de línea base, certificación y monitoreo en proyectos de venta de certificados de reducción de emisiones de carbono (Benítez *et al*, 2001).

La cuantificación de carbono almacenado en un bosque o una especie forestal específica, se realiza a través de la estimación de biomasa, conociendo como tal a 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 cortar los árboles y realizar las mediciones respectivas, o por el método no destructivo, el cual estima la biomasa por medio de análisis de regresión. Araújo *et al*, (1999), indica que los modelos alométricos utilizados, son ecuaciones matemáticas que relacionan la biomasa con las mediciones de la vegetación leñosa en pie (DAP⁶, altura comercial, altura total, crecimiento diamétrico).

La cuantificación física de la biomasa (técnica destructiva) consume mucho tiempo, especialmente en la medición de ciertos componentes como el follaje y las ramas; por lo que

¹ Basado en Tesis de pre grado. Cuantificación del carbono almacenado en dos sistemas agroforestales probados en la Estación Experimental Santa Catalina, Cutuglahua - Pichincha (en edición).

² Egresado Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador

³ Responsable Programa Forestería de la Sierra, Estación Experimental Santa Catalina -INIAP

⁴ Egresada Universidad de Nariño - Colombia

⁵ Gt = 10⁹ t = gigatón = mil millones de toneladas.

⁶ Diámetro a la altura del pecho.

se justifica el desarrollo de métodos indirectos (generación de modelos) para estimar la biomasa (Pérez y Kanninen, 2002, citado por Montero, 2005).

Brown *et al.*, (1989) indican que se han desarrollado modelos generales como herramienta para estimar el contenido de biomasa aérea en inventarios forestales. Estos pueden ser utilizados, en forma general, cuando no existen modelos específicos para zonas o condiciones particulares. Por su parte, Segura (1997) manifiesta que luego de muchos estudios en campo y laboratorio se han generado modelos alométricos específicos para algunas especies forestales de uso comercial, los mismos que para estimar biomasa únicamente requieren de valores tomados en campo como DAP y altura del árbol, y por simple aplicación del modelo se obtiene la biomasa. De esta forma las ecuaciones alométricas se convierten en herramientas muy útiles de uso fácil y de aplicación inmediata con solo disponer de un juego de datos de campo tomados en árboles en pie sin necesidad de destruirlos.

Como resultados de esta investigación se espera disponer de una alternativa fácil y confiable (modelos alométricos) para estimar la biomasa en *Acacia melanoxylum* L., y conocer el potencial de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales similares. Esta información servirá de apoyo para contribuir con información técnica a la iniciativa de pago por servicios ambientales (PSA) y generar referencias útiles para el cambio de uso del suelo de sistemas convencionales a sistemas sostenibles y amigables con el ambiente.

2. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar, por el método destructivo la biomasa de *Acacia melanoxylum* L., bajo un sistema agroforestal de la sierra ecuatoriana a los doce años de su instalación y probar el ajuste de modelos alométricos para la estimación de biomasa sin necesidad de proceder a su destrucción.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Descripción del sitio

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP ubicada en la Parroquia Cutuglahua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha (00° 22' S, 78° 23' W), a una altitud de 3050 msnm. La temperatura promedio anual es de 12 °C y la precipitación promedio anual es de 1200 mm. Según Cañadas (1983), la zona en la que está ubicado el ensayo corresponde a bosque muy húmedo Montano b.m.h.M. Los suelos corresponden al orden Andisol, de textura franco arcilloso, con buen drenaje y una pendiente menor a 5%.

Descripción del ensayo

El sistema agroforestal evaluado está formado de dos hileras de árboles y arbustos de 30 m de largo (con 30 árboles y 30 arbustos), separados en forma alternada a 1 m dentro de hileras y a 2 m entre hileras. Las barreras están orientadas de Norte a Sur, el área ocupada por el sistema es de 2808 m², incluidos caminos. Como parte del manejo del ensayo se realizó un raleo del 50 % del total de los árboles del sistema agroforestal, para permitir que todavía sean funcionales en otras evaluaciones.

Metodología de toma de datos

- **Cuantificación de biomasa**

Se muestrearon el 50% de la población de árboles del sistema agroforestal considerando las diferentes clases diamétricas y en forma proporcional a la frecuencia. En el 10 % de la población se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total de los árboles, para la cuantificación de biomasa se dividió cada árbol en cuatro componentes: fuste (> 8 cm de diámetro), ramas gruesas (3 – 7,9 cm de diámetro), ramas delgadas (diámetro < 3 cm) y hojas, cada componente fue pesado en campo, luego se tomaron muestras representativas de cada componente, se identificó y se llevaron al laboratorio de Suelo y Aguas para determinar el porcentaje de materia seca (75°C hasta llegar a peso constante), con estos datos se obtuvo la biomasa aérea seca total y por componente.

Para la cuantificación de la biomasa del 40 % de árboles restantes se dividió en dos componentes: Fuste y Copa, para la determinación de la biomasa de los componentes de la copa (ramas gruesas, ramas delgadas y hojas) se utilizó como referencia las fracciones porcentuales de los componentes y el porcentaje de materia seca, encontradas al evaluar el 10 % de la población.

- **Generación y selección de modelos.-**

Los datos fueron analizados con el programa estadístico Statistical Analysis Systems (SAS). Los modelos alométricos probados para determinar la biomasa total en función de las variables DAP y altura fueron:

#	Modelos
1	$Y = a + b \text{ (DAP)}$
2	$Y = a + b \text{ (DAP)} + c \text{ (ht)}$
3	$Y = a + b \text{ (DAP)} \text{ (ht)}$
4	$Y = a + b \text{ (DAP}^2\text{)}$
5	$Y = a + b \text{ (DAP)} + c \text{ (DAP}^2\text{)}$
6	$Y = a + b \text{ (sDAP)}$
7	$Y = a + b \text{ (DAP)} + c \text{ (DAP}^2\text{)} \text{ (ht)}$
8	$Y = a + b \text{ (DAP)} + c \text{ (ht}^2\text{)}$
9	$Y = a + b \text{ (DAP}^2\text{)} \text{ (ht)}$
10	$Y = a + b \ln \text{ DAP}$
11	$Y = a + b \log \text{ DAP}$
12	$Y = a + b \log \text{ DAP} + c \log \text{ ht}$

Donde: Y= Biomasa aérea total; a,b y c= parámetros a estimar; DAP= diámetro a la altura del pecho; ht= altura total.

La selección de los modelos se realizó considerando parámetros estadísticos, la relación entre los valores observados y los estimados, la lógica y aplicabilidad del modelo en el campo. Estadísticamente se consideró, el coeficiente de determinación (R^2), el coeficiente de determinación ajustado (R^2 –ajustado), Raíz del CME, Suma de cuadrados de los residuales, PRESS y prueba de F (análisis de variancia): $Pr > F$ para el modelo, la prueba de significancia

para cada parámetro del modelo y la prueba de sesgo de estimación del modelo, utilizando la diferencia agregada (DA).

4. BIBLIOGRAFIA

- Araujo, T. M., Higuchi, N., De Carvalho Junnior, J. A. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Parana, Brazil. *Forest Ecology and Management*. 117: 43-52.
- Benitez, P., Olschewski, R., De Koning, F. Lopez, M. 2001. Análisis costo – beneficio de usos del suelo y fijación carbono en sistemas forestales de Ecuador Noroccidental. Informe TWF-30s del Programa de Apoyo Ecológico (TÖB) de la Cooperación Técnica Alemana GTZ. Eschborn – Alemania. 82 p.
- Brown, S. 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. In Congreso Forestal Mundial (11, Antalya, Turquía). Actas. Antalya, Turquía, Ministry of Forestry. p.107-128.
- Brown, S., Gillespie, A.J.R., Lugo, A.E. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data, *Forest Science* 35: 881-902.
- Cuéllar, N., Rosa, H., González., M. 1999. Los servicios ambientales del agro: El caso de café de sombra en El Salvador. *PRISMA*. 34: 1- 16 p.
- IIPCC, 1990. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC, 1992. Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mintzer, I. 1992. *Confronting Climate Change. Risk Implications and Responses*. Cambridge, University Press, Cambridge.
- Montero, M., Kanninen M. Biomasa y Carbono en plantaciones de *Terminalia amazonia* en la zona Sur de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. 50 – 55p.
- Perez., Kanninen, M. 2002. Word specific gravity and aboveground biomass of *Bombacopsis quinata* plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*. 165: 1- 3 p.
- Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Mantiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 106 p.
- Segura, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis Lie. Cs. For. Heredia, Costa Rica., UNA.