

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Forestal  
Crecimiento y Rendimiento (FO-5218)

Proyecto final:

Recopilación y publicación de ecuaciones de biomasa (por árbol o por hectárea) para  
especies y bosques en el neotrópico

Realizado por:

Chaves Picado Esaú (200744674)

Rodríguez Araya José Joaquín (200443183)

Torres Gómez Danilo (200758564)

Valverde Otárola Juan Carlos (200742699)

Segundo Semestre, 2009

## **Introducción**

La estimación de biomasa ya sea para un bosque o especie determinada, es un aspecto esencial para los estudios de fijación y flujos de carbono en los ecosistemas tropicales. Para poder realizar esta estimación el método más empleado ha sido el destructivo, debido a que es el más preciso para la estimación de biomasa, pero con el problema que para su aplicación se debe destruir en su totalidad la muestra tomada, siendo de manera tal de un costo ambiental y económico elevado (Brenes, 2001); por lo cual se ha tenido que realizar otros métodos indirectos, los cuales se han basado en la medición de diámetro a un altura determinada (generalmente a 1,3 m de altura) y la altura (sea total, comercial u otros interés), lo cual se ha aplicado en: “Ecuaciones alométricas que se derivan de las mediciones anteriormente descritas y son utilizadas para estimar biomasa total y también se implementan para realizar inventarios forestales y estudios ecológicos” (Whittaker y Marks, 1975).

La estimación de biomasa se ha usado para diferentes propósitos, entre los cuales se destacan:

- a) Determinación de la fijación de energía en ecosistemas tropicales.
- b) La estimación del contenido de carbono en el bosque tal como lo menciona Brown (1997), cuantificación del incremento y rendimiento del bosque, en un lapso de tiempo determinado.
- c) Para evaluar cambios en la estructura del bosque.
- d) Conocimiento de la capacidad de fijación de carbono de una especie determinada para su desarrollo en plantaciones forestales.

Para este trabajo se recopilaron ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa, las cuales parten de datos de fácil medición, como la altura y el diámetro, de esta forma conocer la capacidad de los bosques para generar biomasa; en caso de una especie determinada, conocer y desarrollar predicciones de la fijación de carbono en un tiempo determinado.

## **Objetivo**

Recopilación de ecuaciones de biomasa (por árbol o por hectárea) para bosques y especies del neotrópico.

## **Metodología**

Se realizó una revisión bibliográfica mediante uso de fuentes escritas y electrónicas, en las cuales se recolectaron ecuaciones matemáticas para la estimación de biomasa (ton/ha) para diferentes tipos de bosques y especies; estos datos que se recolectaron se utilizaron para posteriormente una publicación, para mantener la homogeneidad de datos se manejaron un modelo estándar, en caso de algún dato estadístico falte se consignó como no reportado (NR).

Especie, especies o tipo de bosque para el cual se diseñó	Modelo alométrico para la estimación total de biomasa aérea seca de <i>Vochysia guatemalensis</i> en plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica.
Modelo:	$Y=e^{(-2,815+2,428*\ln(dap))}$
Variable independientes y sus respectivas unidades	Diámetro a 1,3 m de altura en centímetros (dap)
Variable dependiente y sus respectivas unidades	Biomasa en aérea seca en Kilogramos/árbol (Y)
Número de observaciones que se tomaron para su construcción	19 árboles
Rango de los datos de altura (m)	Desconocido
Rango de los datos de diámetro (cm)	8,50 a 31,14

Variables estadísticas que se manejan para el modelo:  $Y=e^{(-2,815+2,428*\ln(dap))}$

Coefficiente de determinación	0,970
Coefficiente de determinación ajustado	0,960
Índice ajuste	NR
Error estándar	0,044
Error estándar en unidades reales	NR
Coefficiente de variación	NR
MSE	NR
IF	NR
Observaciones de modelo	NR son las siglas para datos estadísticos no reportados Y es total de biomasa aérea seca/árbol MSE es el error cuadrado medio del modelo logarítmico
Fuente bibliográfica	Montero, M; Montagnini, F. <i>s.f.</i> Modelos alométricos para la estimación de biomasa de <i>Vochysia guatemalensis</i> en la región Atlántica de Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente/no. 45:118-225.

Especie, especies o tipo de bosque para el cual se diseño	Ecuación alométrica empleada para la estimación de biomasa arriba del suelo para palmas individuales ( <i>Euterpe precatoria</i> , <i>Phenakospermum guianensis</i> ) en cacaotales, bananales, charrales en Talamanca, Costa Rica.
Modelo:	$B = 6,67 + 12,83 * (ht)^{0,5} * \ln(ht)$
Variable independientes y sus respectivas unidades	Altura total en metros (ht)
Variable dependiente y sus respectivas unidades	Biomasa en Kilogramos/árbol (B)
Número de observaciones que se tomaron para su construcción	Desconocido
Rango de los datos de altura (m)	Desconocido
Rango de los datos de diámetro (cm)	Desconocido
Variables estadísticas que se manejan para el modelo: $B = 6,67 + 12,83 * (ht)^{0,5} * \ln(ht)$	
Coefficiente de determinación	Desconocido
Coefficiente de determinación ajustado	0,750
Índice ajuste	NR
Error estándar	NR
Error estándar en unidades reales	NR
Coefficiente de variación	NR
MSE	NR
IF	NR
Observaciones de modelo	NR son las siglas para datos estadísticos no reportados B es total de biomasa aérea seca/árbol MSE es el error cuadrado medio del modelo logarítmico
Fuente bibliográfica	IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Kanagawa, JP, IGES. 595 p.

Especie, especies o tipo de bosque para el cual se diseñó:	Ecuación alométrica empleada para la estimación de biomasa total arriba del suelo para plantaciones de <i>Hyeronima alchorneoides</i> en la zona Caribe de Costa Rica.
Modelo:	$Bt=e^{(-2,12607+1,69594 * d^{0,5})}$
Variable independientes y sus respectivas unidades	Diámetro a 1,3 m de altura en centímetros (dap)
Variable dependiente, sus respectivas unidades	Biomasa en Kilogramos/árbol (Bt)
Número de observaciones que se tomaron para su construcción:	53 árboles
Rango de los datos de altura (m)	Desconocido
Rango de los datos de diámetro (cm)	2,5 a 29,9
Variables estadísticas que se manejan para el modelo: $Bt=e^{(-2,12607+1,69594 * d^{0,5})}$	
Coefficiente de determinación	0,9854
Coefficiente de determinación ajustado	0,9777
Índice ajuste	NR
Error estándar	0,3478
Error estándar en unidades reales	NR
Coefficiente de variación	NR
MSE	NR
IF	NR
Observaciones de modelo	NR son las siglas para datos estadísticos no reportados
	Bt es total de biomasa aérea seca/árbol
	MSE es el error cuadrado medio del modelo logarítmico
Fuente bibliográfica	Fonseca, W; Alice, F; Rey, J. 2009. Modelos para estimar biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. (en línea). Bosque 30 (1): 36-47. Consultado el 15 octubre 2009. Disponible en <a href="http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002009000100006&amp;script=sci_arttext&amp;tlng=es">http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002009000100006&amp;script=sci_arttext&amp;tlng=es</a> .

Especie, especies o tipo de bosque para el cual se diseñó:	Ecuación alométrica empleada para Pijuayo ( <i>Bactris gasipaes</i> H.B.K.)
Modelo:	$Bt = 0,74*ht^2$
Variable independientes y sus respectivas unidades	Altura total en metros (ht)
Variable dependiente y sus respectivas unidades	Biomasa en Kilogramos/árbol (Bt)
Número de observaciones que se tomaron para su construcción:	Desconocido
Rango de los datos de altura (m)	Desconocido
Rango de los datos de diámetro (cm)	Desconocido
Variables estadísticas que se manejan para el modelo: $Bt = 0,74*ht^2$	
Coefficiente de determinación	NR
Coefficiente de determinación ajustado	0,950
Índice ajuste	NR
Error estándar	NR
Error estándar en unidades reales	NR
Coefficiente de variación	NR
MSE	NR
IF	NR
Observaciones de modelo	NR son las siglas para datos estadísticos no reportados
	Y es total de biomasa aérea seca/árbol
	MSE es el error cuadrado medio del modelo logarítmico
Fuente bibliográfica	Szott, L; Arevalo-Lopez, L; Perez, J. 1993. Allometric relationships in Pijuayo ( <i>Bactris gasipaes</i> H.B.K.). Mora-Urpi, J; Szott, LT; Murillo, M; Patino, VM. Eds. Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo (4, Iquitos, PE, 1989). San José, CR, Editorial de la Universidad de Costa Rica. p. 91-114.

Especie, especies o tipo de bosque para el cual se diseñó:	Ecuaciones estándar para estimar la biomasa aérea de árboles individuales tolerantes a la sombra en un tropical húmedo en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica
Modelo:	$W=0,01689*(d)^{1,6651} *(h)^{1,4412}$
Variables independientes y sus respectivas unidades	Altura en metros (h) Diámetro a 1,30 m de altura en centímetros (d)
Variable dependiente y su respectivas unidades	Biomasa en kilogramos / árbol (W)
Número de observaciones que se tomaron para su construcción	60 árboles
Rango de los datos de altura (m)	7-38
Rango de los datos de diámetro (cm)	4-115
Variables estadísticas que se manejan para el modelo: $W=0,01689*(d)^{1,6651} *(h)^{1,4412}$	
Coefficiente de determinación	NR
Coefficiente de determinación ajustado	NR
Índice de ajuste	NR
Error estándar	NR
Error estándar en unidades reales:	NR
Coefficiente de variación:	NR
MSE	0,0233
IF	0,9740
Observaciones de modelo:	NR son las siglas para datos estadísticos no reportado w es total de biomasa aérea seca MSE es el error cuadrado medio del modelo logarítmico Los modelos no incluyen ajuste por la diferencia de transposición logarítmica (Hush et al., 1982)
Fuente Bibliográfica:	Ortiz, E. 1997. Refinement and evaluation of two methods to estimate a bovegrund tree biomass in tropical forest. Tesis para el grado de Doctor of Philosophy. Ney Work, USA; State university of New York. p 116



Especie, especies o tipo de bosque para el cual se diseñó:	Ecuaciones estándar para estimar la biomasa aérea de árboles individuales parcialmente tolerantes a la sombra e intolerantes a la sombra en un tropical húmedo en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica
Modelos:	$W=0,01363*(d)^{1,8520}*(h)^{1,2611}$
VARIABLES INDEPENDIENTES Y SUS RESPECTIVAS UNIDADES	Altura en metros (h) Diámetro a 1,30 m de altura en centímetros (d)
VARIABLE DEPENDIENTE Y SUS RESPECTIVAS UNIDADES	Biomasa en kilogramos por árbol (W)
Número de observaciones que se tomaron para su construcción	40 árboles
Rango de los datos de altura (m)	14 - 50
Rango de los datos de diámetro (cm)	12 - 100

Variables estadísticas que se manejan para el modelo:  $W=0,01689*(d)^{1,8520}*(h)^{1,2611}$

Coefficiente de determinación	NR
Coefficiente de determinación ajustado	NR
Índice de ajuste	NR
Error estándar	NR
Error estándar en unidades reales:	NR
Coefficiente de variación:	NR
MSE	0,0265
IF	0,9740

Observaciones de modelo:

NR son las siglas para datos estadísticos no reportado

W es total de biomasa aérea seca

MSE es el error cuadrado medio del modelo logarítmico

Los modelos no incluyen ajuste por la diferencia de transposición logarítmica (Hush et al., 1982)

Fuente Bibliográfica: Ortiz, E. 1997. Refinement and evaluation of two methods to estimate a aboveground tree biomass in tropical forest. Tesis para el grado de Doctor of Philosophy. New York, USA; State university of New York. p 116

Especie, especies o tipo de bosque para el cual se diseñó:	Biomasa vegetal aérea para Bosque Primario intervenido y Bosque Secundario en Costa Rica
Modelo:	$B = -58,538312 + 4,169332*(G) + 7,102431*(Ht) - 1,976007*(dap)$
VARIABLES INDEPENDIENTES, sus respectivas unidades y los métodos de medición	Área basal en metros cuadrados por hectárea (G) Altura total en metros (Ht) Diámetro promedio a 1,30 m de altura en centímetros (dap)
Variable dependiente y su respectivas unidades	Biomasa vegetal en Toneladas por hectárea (B)
Número de observaciones que se tomaron para su construcción	Desconocido
Rango de los datos de altura (m)	Desconocido
Rango de los datos de diámetro (cm)	Desconocido

VARIABLES ESTADÍSTICAS QUE SE MANEJAN PARA EL MODELO:

$$B = -58,538312 + 4,169332*(G) + 7,102431*(Ht) - 1,976007*(dap)$$

Coefficiente de determinación	0,9366
Coefficiente de determinación ajustado	0,9351
Índice de ajuste	0,9366
Error estándar	15,2367
Error estándar en unidades reales:	15,1267
Coefficiente de variación:	17,6075
MSE	NR
IF	NR

Observaciones de modelo: NR son las siglas para datos estadísticos no reportado

MSE es el error cuadrado medio del modelo logarítmico

Fuente Bibliográfica: Cascante S; González E. 2008. Estimación de la Biomasa Vegetal Aérea para el Área de Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Buenos Aires, Puntarenas. Informe de práctica de especialidad para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Forestal. Cartago; 2008.

Especie, especies o tipo de bosque para el cual se diseñó:	<i>Cedrela odorata, Cordia alliodora, Hyeronima alchorneoides y Euterpe oleracea</i>
Modelos:	$Y_p = 0,017*(d^2*h)^{1,631}$
VARIABLES INDEPENDIENTES, SUS RESPECTIVAS UNIDADES	Diámetro a 1,30 m de altura en centímetros (d) Altura en metros (h)
Variable dependiente y su respectivas unidades	Biomasa en kilogramos por árbol (Yp)
Número de observaciones que se tomaron para su construcción	457 árboles
Rango de los datos de altura (m)	10,0 – 30,0
Rango de los datos de diámetro (cm)	10,0 – 30,0

Variables estadísticas que se manejan para el modelo:  $Y_p = 0,017*(d^2*h)^{1,631}$

Coefficiente de determinación	0,9800
Coefficiente de determinación ajustado	NR
Índice de ajuste	NR
Error estándar	NR
Error estándar en unidades reales:	NR
Coefficiente de variación:	NR
MSE	NR
IF	NR

Observaciones de modelo:  
NR son las siglas para datos estadísticos no reportado  
MSE es el error cuadrado medio del modelo logarítmico  
El modelo emplea transformación logarítmica

Fuente Bibliográfica: Thomas G. Cole; John J. Ewel. 2006. Allometric equations for four valuable tropical tree species. Consultado el 12 sep. 2009. Disponible en [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6T6X-4JYKKS-3&\\_user=84800&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_acct=C000059869&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=84800&md5=e7b624c81496f00b3a7bbc635e5b0de7](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6X-4JYKKS-3&_user=84800&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000059869&_version=1&_urlVersion=0&_userid=84800&md5=e7b624c81496f00b3a7bbc635e5b0de7)

## **Bibliografía**

Brenes, F. 2001. Métodos destructivos para la determinación de biomasa. Editorial: Astral. Madrid, España. Pp 10 – 14.

Brown, A. 1997. Modern system Biomass calculation. Editorial: Springer. Hanover, Alemania. p 274.

Whittaker, R.H. y P.L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. En: Leith H. y R.H. Whittaker. (eds). Primary productivity of the Biosphere. Editorial: Springer-Nueva York. New York, Estados Unidos de Norteamérica. pp 55 – 118.