

# MODELO PARA CALCULO ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN TIPO FORESTAL ROBLE-RAULÍ-COIGÜE EN LA RESERVA NACIONAL MALLECO - CHILE<sup>1</sup>

Norman Moreno Garcia<sup>2</sup>, Miguel Angel Herrera Machuca<sup>2</sup> e Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira<sup>3</sup>

**RESUMO** – El objetivo de este trabajo es la selección de un modelo para estimación de carbono en Tipo Forestal Roble-Raulí y Coigüe. La recolección de datos se realizó en la Reserva Nacional Malleco. Cada sitio fue representado por un grupo de 5 parcelas (cuadradas, de lado 35m, superficie 1225m<sup>2</sup>), ubicadas en un transecto según la pendiente más fuerte. Fueron estimados los volúmenes de madera con y sin corteza de la totalidad de los individuos por medio de funciones para cada especie del tipo forestal en estudio. La cantidad de carbono almacenado a nivel de fuste de las parcelas fue estimada aplicando la función universal de carbono. En cada parcela se contabilizaron los árboles por clase diamétrica de DAP, siendo definidas las clases a partir del DAP mínimo de 3 cm y con una amplitud de 5 cm. Fueron ajustados los modelos de Spurr, Meyer, Stoate, Naslund y Schumacher-Hall. El modelo Schumacher-Hall presentó el mejor ajuste de acuerdo a los indicadores estadísticos considerados, además de una mejor distribución de residuales.

Palabras-clave: Protocolo de Kyoto, Secuestro de carbono e Modelos estimación de carbono.

## **CONFIDENCE LIMITS TO VARIABLES IN SEEDS ANALYSIS OF EXOTIC FOREST SPECIES**

**ABSTRACT** – The aim of this work is the selection of a model for estimation of carbon in Forest Type Roble-Raulí and Coigüe. The compilation of information was performed in the Malleco National Reserve. Every site was represented by a group of 5 plots (squared, sides 35m, surface 1225m<sup>2</sup>), located in a transect according to the greatest slope. The volumes of wood were estimated with and without bark of the individuals totality by means of functions for every species of the forest type in the study. The quantity of carbon stored at the shaft level of the plots was estimated by applying the universal function of carbon. In every plot the trees were assessed by a diametric class of DAP, being defined as the classes from the minimal DAP of 3 cm and with an extent of 5 cm. The models of Spurr, Meyer, Stoate, Naslund and Schumacher-Hall were adjusted accordingly. The Schumacher-Hall model presented the best adjustment according to the considered statistical indicators, besides a better residual distribution.

Keywords: Kyoto protocol, Carbon sequestratio and Carbon estimation models

### **1. INTRODUCCIÓN**

Existe un consenso científico de que el clima se verá alterado significativamente en este siglo, debido al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) tales como el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos. Los expertos advierten que desde los inicios de la revolución industrial, hasta nuestros días se ha incrementado drásticamente la concentración de estos gases, originados principalmente por la utilización de combustibles fósiles

tales como: carbón, petróleo y el consumo de leña, lo que estaría provocando un alza de la temperatura mundial (TORRES; MEZA, 2001).

La importancia de los bosques como reguladores del cambio climático, y la necesidad de modelos para estimar el carbono almacenado es reconocido por varios autores (SOARES et al., 2005; PAIXÃO et al., 2006; DÍAZ-FRANCO et al., 2007; GIACOMELLI SOBRINHO; SCHNEIDER, 2008; SILVA et al., 2008; FONSECA et al., 2009).

<sup>1</sup> Recebido em 06.11.2009 e aceito para publicação em 31.10.2011.

<sup>2</sup> Universidad de Córdoba, UCO, España. E-mail: <z72mogar@uco.es> e <mherrera@uco.es>.

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Brasil. E-mail: <rinaldo@dfl.ufrpe.br>.



El Tipo Forestal Roble – Raulí y Coigüe es de alto interés económico, no existía originalmente en Chile, sino que se ha formado debido a la acción alteradora del hombre y del catastrofismo de fuerzas naturales. Parte de las asociaciones originales en que estaban incluidas las especies de *Nothofagus* desaparecieron, desarrollándose en cambio bosques de segundo crecimiento renovales formados por Roble puro, en las áreas bajas; Roble y Raulí en áreas intermedias; y Raulí y/o Coigüe puro en las partes más altas. Esto lo hace muy atractivo para desarrollar proyectos de técnicas de manejo sustentable.

En Chile ha despertado gran interés la posibilidad de participar en el mercado del carbono mediante los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), este estudio tiene como objetivo desarrollar modelos para el cálculo de flujo de carbono a nivel de fuste de la especie más características del tipo forestal Roble – Raulí y Coigüe, considerando que gran parte de su superficie se encuentra en manos de pequeños propietarios y el desarrollar proyectos de esta magnitud permitirán la integración de Chile en el mercado de los servicios ambientales y a la vez optar por parte se los pequeños propietarios a subsidios para manejo sustentable especificados en la Ley de Bosque Nativo recientemente aprobada en Chile.

El objetivo de este trabajo es seleccionar un modelo para estimación de carbono en Tipo Forestal Roble-Raulí y Coigüe a nivel de fuste.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

La recolección de datos se realizó en la Reserva Nacional Malleco, IX Región de Chile, entre los años 1995 y 2000. Reserva dependiente de CONAF, la cual se caracteriza por ser la unidad más antigua de Áreas Silvestres Protegidas, tanto del país como también de América Latina pues data de año 1907. Se ubica a 75 Km. de Collipulli por la ruta a Pemehue y ocupa una superficie de 16.625 hectáreas.

Sus coordenadas geográficas son 787.530; 5764984 sur y 789.916; 5775340 oeste, a 400 metros de altitud. El clima se caracteriza como templado lluvioso con una precipitación de 1200 mm y la humedad media anual es de 21°C, con una máxima de 28°C y una mínima de 15°C. Su vegetación

Como área de estudio fue considerada toda la reserva 16.625 hectáreas y la investigación fue orientada al desarrollo de un modelo de manejo sustentable del

bosque nativo templado de Chile, en relación con el medio ambiente mundial (efecto invernadero). Cada sitio fue representado por un grupo de 5 parcelas (cuadradas, de lado 35m, superficie 1225m<sup>2</sup>), ubicadas en un transecto según la pendiente más fuerte. La distancia entre los centros de las parcelas es de 70m (para que no se traslapen las parcelas).

Fueron estimados los volúmenes de madera con y sin corteza de la totalidad de los individuos por medio de funciones para cada especie del tipo forestal en estudio, establecidas por Drake et al. (2003). La cantidad de carbono almacenado a nivel de fuste de las parcelas fue estimada aplicando la función universal de carbono que es  $C = \text{Volumen} * \text{densidad de la madera} * 0,5$  (GAYOSO, 2000).

En cada parcela se contabilizaron los árboles por clase diamétrica de DAP, siendo definidas las clases a partir del DAP mínimo de 3 cm y con una amplitud de 5 cm. Dada la variedad de árboles de DAP y altura media se confeccionó la Tabla 1 que presenta la distribución de los árboles por clase de DAP y altura total.

### 2.1. Ajuste de modelos

Realizado el cálculo de volumen y cantidad de carbono a nivel de fuste, se procedió al ajuste de modelos para la estimación del carbono. Tras la revisión de los modelos más utilizados para el estimación de volumen se decidió trabajar con los modelos de Spurr ( $C_i = b_0 + b_1 (\text{dap}^2 h) + \varepsilon_i$ ), de Meyer ( $C_i = b_0 + b_1 \text{dap} + b_2 (\text{dap}^2) + b_3 \text{dap} h + \varepsilon_i$ ), de Stoate ( $C_i = b_0 + b_1 \text{dap}^2 + b_2 (\text{dap}^2 h) + b_3 \text{dap} h + \varepsilon_i$ ); de Naslund ( $C_i = b_0 + b_1 \text{dap}^2 + b_2 \text{dap}^2 h + b_3 \text{dap} h^2 + b_4 h^2 + \varepsilon_i$ ) e de Schumacher-Hall ( $C = b_0 \text{dap}^{b_1} h^{b_2} + \varepsilon_i$ ), en que:  $C_i$  = cantidad de carbono; DAP = diámetro a 1,30 m del suelo; h = altura total;  $\beta_i$  = parámetros de modelos, para  $j = 1, 2, \dots, 4$ ;  $\varepsilon$  = error aleatorio.

La selección del modelo se efectuó en base la análisis de los estadísticos  $R^2$  (coeficiente de determinación),  $S_{yx}$  (error estándar de la estimación), *bias*, raíz cuadrada del error promedio, promedio de las diferencias absolutas y evaluación de la distribución de residuales (CAMPOS y LEITE, 2009). El nivel de significancia fue del 5%.

## 3. RESULTADOS

La base de datos empleada presentó diferencias significativas entre las pendientes de los modelos ajustados, razón por la cual se ajustó un modelo para árboles con diámetros menores a 80 cms. y árboles con diámetros mayores a 80 cms.

**Tabla 1** – Distribución de los árboles muestreados por clase de diámetro a 1,30 m del suelo (DAP) y clase de altura total para el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe.**Table 1** – Distribution of the trees sampled by class of diameter to 1.30 m of the soil (DAP) and class of total height for the Forest Type Roble-Raulí-Coigüe.

Centro de Clasede DAP (cm)	Centro de Clase de Altura Total (m)									Total
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	
5		1	2	6	1					10
10	19	208	365	588	41	2		1		1224
15	5	132	433	745	162	15	1		1	1494
20		21	185	255	154	20				635
25	1	3	105	138	113	22	3			385
30		2	49	86	73	27	4	1	1	243
35		1	23	44	47	23	6			144
40			13	27	22	20	5	3	1	91
45				16	19	18	10	1		64
50			2	12	17	10	1	11		53
55			4	3	3	7	3	5	1	26
60				5	6	9	4	4		28
65			1	2	5	10		3	1	22
70						5	2	3	2	12
75				1	1	3	2			7
80		1			2	4		1	1	9
85					1	2	1	1	1	6
90						2				2
95					1	1				2
100						2				2
105				1	1					2
110				1						1
115						1				1
120						1				1
Total	25	369	1182	1930	671	202	42	34	9	4464

En la Tabla 2 es posible notar que los coeficientes de determinación ajustados resultaron todos superiores a 0,95. Sin embargo para diámetros menores a 80 cm, los modelos de Stoate, Naslund y Schumacher-Hall fueron los que presentaron mayor valor de  $R^2$ , siendo el modelo de Schumacher-Hall el que presento menor error estándar de la estimación. En el caso de los diámetros mayores a 80 cm, los modelos de Stoate, Naslund y de Schumacher-Hall nuevamente fueron los que presentan mayor  $R^2$  y es el modelo de de Schumacher-Hall el que presenta menor error estándar de estimación. Si bien todos los modelos evaluados tuvieron un buen ajuste, a través de la observación grafica de los residuos se pudo constatar que el modelo Schumacher-Hall presento mejor distribución (Figuras 1 y 2).

Los modelos ajustados tuvieron muy buenos estadísticos (Tabla 2). Estos modelos nos permiten predecir la capacidad de fijación de cada árbol a nivel de fuste, el modelo de mejor ajuste llevo a determinar la capacidad promedio de fijación por especie, destacando

entre estas tres el Raulí. Esta especie presenta un crecimiento diametral de 0,3 a 0,5 cm/año, su aumento en volumen entre los 7 y 50 años es mayor a la de las especies Roble y Coigüe. A medida que aumenta la edad su capacidad de fijación disminuye.

#### 4. DISCUSION

En general, los cinco modelos seleccionados presentan buenos ajustes ( $R^2_{aj}$  superior al 95%, con una  $P < 0,05$ ). Tienen como variable regresora el diámetro y la altura total, de los cuales la altura total no siempre es posible, siendo la variable más inexacta y que mayor tiempo demanda durante la toma de datos en el inventario forestal para el manejo de plantaciones y/o bosque natural. Sin embargo el utilizar estas variables representa una ventaja adicional ya que permite estimar el carbono a partir de solo dos variables de medición directa. Al incluir la variable altura se contribuye de manera importante al ajuste de los modelos de forma.

**Tabla 2** – Estadísticos para cada modelo ajustado para Tipo forestal Ro-Ra-Co en La Reserva Nacional Malleco.  
**Table 2** – Statistics for every model fitted by forest Type Ro-Ra-Co in The National Reserve Malleco.

Modelo	Autor	R <sup>2</sup> corregido	Error estándar de la estimación	Bias	Raíz cuadrada del error promedio	Promedio de las diferencias absolutas
<b>DAP ≤ 80 cm</b>						
1	Spurr	0,951	0,0649	0,0068	0,065	0,039
2	Meyer	0,944	0,0692	-0,0001	0,069	0,042
3	Stoate	0,952	0,0644	-0,0079	0,065	0,035
4	Naslund	0,952	0,0639	0,0029	0,064	0,037
5	Schumacher-Hall	0,951	0,0629	0,0046	0,065	0,038
<b>DAP &gt; 80 cm</b>						
Modelo	Autor	R <sup>2</sup> corregido	Error estándar de la estimación	Bias	Raíz cuadrada del error promedio	Promedio de las diferencias absolutas
1	Spurr	0,980	0,3382	0,0347	0,320	0,202
2	Meyer	0,984	0,3043	-0,0064	0,288	0,208
3	Stoate	0,989	0,2544	-0,0560	0,253	0,160
4	Naslund	0,989	0,2519	-0,0955	0,265	0,182
5	Schumacher-Hall	0,996	0,2473	0,0041	0,267	0,169

Los mejores ajustes en los modelos se observan para diámetros bosque secundario. Esta variabilidad de diámetros se debe al crecimiento de diferentes especies principalmente del género *Nothofagus* en comparación con las plantaciones donde las condiciones son más uniformes. Al respecto, Segura y Andrade (2008) mencionan que la correlación entre el *d* y el volumen, la biomasa y el carbono de fustes y ramas gruesas son altas, pero bajas entre el *d* y la biomasa de hojas y ramas pequeñas. Montero y Kanninen (2002) y Pérez y Kanninen (2003) también reportaron correlaciones bajas para las hojas y las ramas con el *d*.

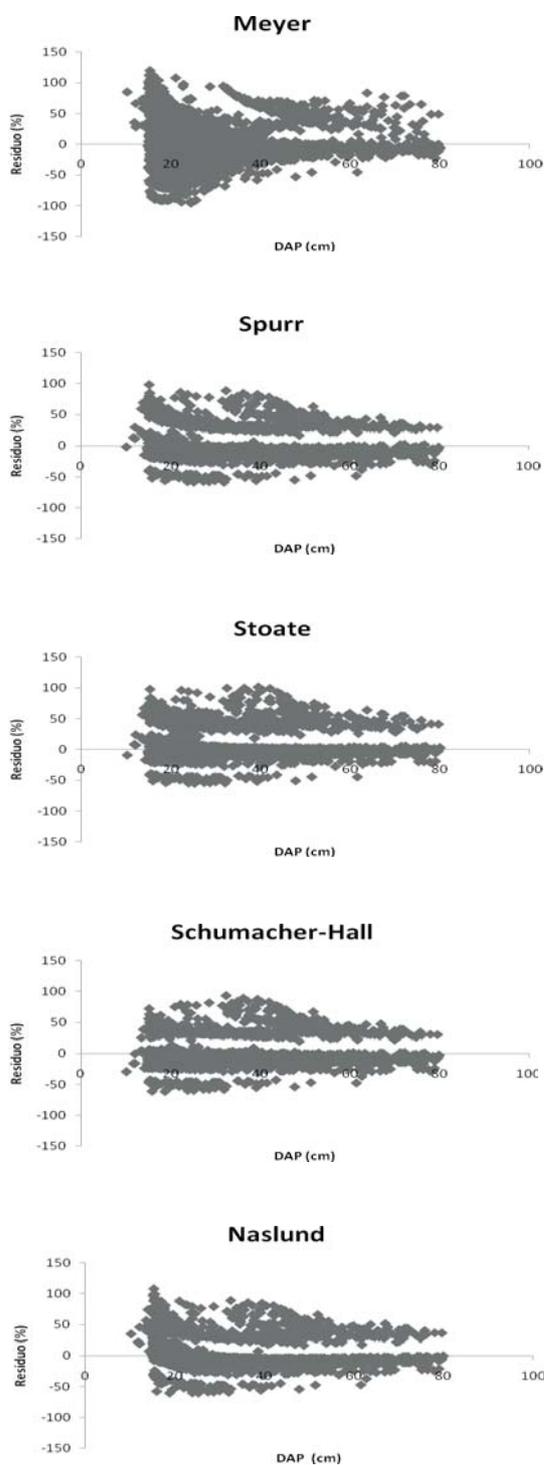
Similares resultados en el grado de ajuste (R<sup>2</sup>) y variables utilizadas obtienen otros investigadores, por ejemplo, en plantaciones forestales Sanquetta et al. (2008), para *Pinus taeda* L., presento resultados similares en el grado de ajuste (R<sup>2</sup>), los que variaban entre 89,8% y 96,6% en modelos para estimar la biomasa arbórea cuando correlacionan la biomasa con el diámetro o altura.

Otras experiencias de modelos en bosques primarios o secundarios, utilizando variables como *d*, *h*, volumen (*v*), densidad específica de la madera (DE), el área basal (*G*) y con R<sup>2</sup> mayor a 85% son los informados por Brown e Iverson (1992) y Brown et al. (1989) en bosques tropicales en Centro y Suramérica, Francis (2000) en Puerto Rico,

Segura et al. (2000) y Segura y Kanninen (2005) ambos en Costa Rica, Acosta et al. (2002) en Oaxaca, México, Schlegel (2001) en Chile, Gaillard et al. (2002) en Argentina, y en Colombia, Orrego y del Valle (2001) y Sierra et al. (2001).

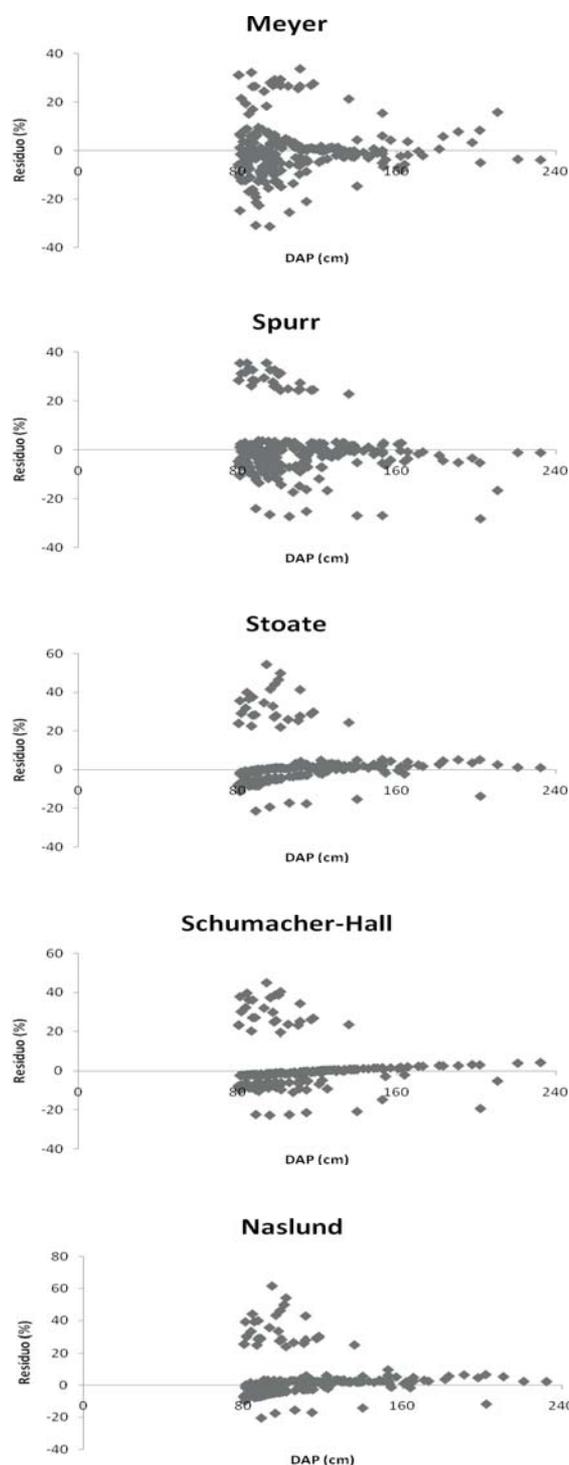
Para las estimaciones de carbono, Orrego y del Valle (2001) no recomiendan utilizar factor para obtener estimaciones conservadoras y dar mayor confianza a los inversionistas. En este trabajo se probaron modelos usados comúnmente en la obtención de volumen del árbol y se eligió el mejor modelo ajustado para la obtención de biomasa aérea. Los modelos de Schumacher-Hall y Meyer fueron los modelos elegidos debido a que estos no sobrestimaron la biomasa en bosques secundario.

Al mezclar todas las especies la muestra es bastante grande (*n* = 4464) y se cubre la amplitud diamétrica con buena representación por rango diamétrico representativos de este tipo de forestal chileno como se muestra en la Tabla 1. Para ecosistemas mixtos, muchos investigadores construyen sus modelos tomando como referencia la dominancia de las especies (SEGURA et al., 2000; ACOSTA et al., 2001; SEGURA; KANINNEN, 2005, SEGURA et al. 2006), otros seleccionan las especies a conveniencia (MORAES, 2001) o aleatoriamente (AGUILAR, 2001; ARREAGA, 2002), y en otros casos se utiliza la técnica del árbol



**Figura 1** – Distribución de residuales de los modelos ajustados para diámetros menor o igual a 80 cm.

*Figure 1* – Residual distribution models fitted for diameters less than or equal to 80 cm.



**Figura 2** – Distribución de residuales de los modelos ajustados para diámetros mayor a 80 cm.

*Figure 2* – Residual distribution models fitted for diameters greater than 80 cm.

promedio como recomienda MacDicken (1997). En este estudio se inventarió todo el rodal colocando especial interés en especies características del tipo forestal y con diámetros óptimos de cosecha. La muestra se analizó por clase diamétrica, esto garantiza una mayor cobertura del rango diamétrico observado. Para los autores, el tamaño de muestra utilizado, la cobertura diamétrica y la forma de elegir los árboles para cuantificarles la biomasa y el carbono dan más confiabilidad a los modelos seleccionados.

## 5. CONCLUSIONES

Todos los modelos seleccionados, con el diámetro y altura como variables predictoras, para estimar la biomasa a nivel de fuste en especies nativas chilenas, de bosque secundario o en plantaciones, fueron estadísticamente significativos y con ajustes superiores al 94 %. En forma general, el fuste presenta buenos ajustes. Tener como variable predictora el  $d$  es una ventaja debido a que su medición en el campo es muy fácil de realizar.

Estas investigaciones proporcionan una base sólida para evaluar la capacidad de fijación de carbono de los bosques secundarios de Chile. Con las cifras obtenidas y conociendo las tasas de abandono de tierras cultivadas y pastizales y su transformación en bosques secundarios, así como la superficie apta para ser reforestada, se pueden calcular las cantidades de carbono susceptibles de ser almacenadas en la vegetación de esta parte del mundo. De ello pueden beneficiarse una amplia gama de organismos e instituciones, incluyendo organismos internacionales, agencias gubernamentales, ONGs, empresas e inversores y pequeños propietarios.

Fueron analizados 5 modelos de estimación de carbono para Tipo forestal Roble-Raulí y Coigüe en la Reserva Malleco – Chile, siendo indicado como el más adecuado el modelo de doble entrada Schumacher-Hall. Este modelo presentó el mejor ajuste de acuerdo a los indicadores estadísticos considerados, además de una mejor distribución de residuales.

## 6. REFERENCIAS

ACOSTA, M. M. et al. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia*, v.36, n.6, p.725-736, 2002.

ACOSTA, M. et al.. Un método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas de vegetación natural e inducida en terrenos de ladera en México. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL MEDICIÓN Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES, 2001, Valdivia. **Memoria...** Valdivia: UACH, 2001. Disponible en: [http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/08\\_Acosta.PDF](http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/08_Acosta.PDF). Consultado en: 04 de nov. de 2009.

AGUILAR, S. **Estimación de biomasa aérea y carbono almacenado en el área de aprovechamiento anual.** 2001. 68f. Tesis (Licenciatura) - Universidad de San Carlos de Guatemala, Petén, 2001.

ARREAGA, W. **Almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala.** 2002. 86f. Tesis (Magister Science) - CATIE, Turrialba, 2002.

BROWN, S.; IVERSON, L. R. Biomass estimates for tropical forests. **World Resource Review**, v.4, n.3, p.366-383, 1992.

BROWN, S.; GILLESPIE, A.; LUGO, A. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v.35, n.4, p.881-902, 1989.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 3.ed. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009. 548p.

DÍAZ-FRANCO, R. et al. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. **Maderas y Bosques**, v.13, n.1, p.25-34, 2007.

DRAKE, F.; EMANNUELLI, P.; ACUÑA, E. **Compendio de funciones dendrométricas del bosque nativo.** Santiago: CONAF,GTZ, 2003. 197p.

FONSECA G, W. et al. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. **Bosque**, v.30, n.1, p.36-47, 2009.

FRANCIS, J. K. Estimating biomass and carbon content of saplings in Puerto Rican secondary forests. **Caribbean Journal of Science**, v.36, n.3-4, p.346-350, 2000.

GAILLARD, C.; PECE, M.; JUARÉZ, M. Biomasa aérea de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) en dos localidades del Parque Chaqueño Seco. **Quebracho**, n.9, p.115-127, 2002.

GAYOSO, J. **Proyectos forestales para mitigación del cambio climático. Seminario El mercado del carbono** – Realidad y perspectivas. Santiago: FONDEF-INFOR-UACH, 2000. 63p.

GIACOMELLI SOBRINHO, V.; SCHNEIDER, P. R. Análise bioeconômica do seqüestro florestal de carbono e da dívida ecológica: uma aplicação ao caso do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.18, n.4, p.493-510, 2008.

MACDICKEN, K. **A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects**. Forest carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural Development (WRI), 1997. Disponible en: <http://www.winrock.org/REEP/PUBSS.html>. Consultado en: 22 de ago. de 2009.

MONTERO, M.; KANNINEN, M. Biomasa y carbono en plantaciones de *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell en la zona Sur de Costa Rica. **Revista Forestal Centroamericana**, v.39-40, p.50-55, 2002.

MORAES, C. H. **Almacenamiento de carbono en bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua**. 116f. Tesis (Magister Science) - CATIE, Turrialba, 2001.

ORREGO, S.; DEL VALLE, J. I. Existencias y tasas de crecimiento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL MEDICIÓN Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES, 2001, Valdivia. **Memoria...** Valdivia: UACH, 2001. Disponible en: [http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/26\\_Orrego.PDF](http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/26_Orrego.PDF). Consultado en: 10 de out. 2009.

PAIXÃO, F. A. et al. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.411-420, 2006.

PÉREZ D.; KANNINEN, M. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. **Journal of Tropical Forest Science**, v.15, n.1, p.199-213, 2003.

PRODAN, M. et al. **Mensura forestal**. Serie Investigación y educación en desarrollo sostenible. Proyecto IICA: BMZ/ GTZ sobre agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible. San José, Costa Rica, 1997. 561 p.

SANQUETTA, C. R.; FARINHA, L.; EDUARDO, J. Ecuaciones de biomasa aérea y subterránea en plantaciones de *Pinus taeda* en el sur del Estado de Paraná, Brasil. **Revista Patagonia Forestal**. Disponible en [http://www.ciefap.org.ar/patagoniaforestal/2002-1/biomassa\\_pinus.htm](http://www.ciefap.org.ar/patagoniaforestal/2002-1/biomassa_pinus.htm). Consultado en: 22 dic. 2008.

SCHLEGEL B. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL MEDICIÓN Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES, 2001, Valdivia. **Memoria...** Valdivia: UACH, 2001. Disponible en: [http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/45\\_schlegel.PDF](http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/45_schlegel.PDF). Consultado en: 04 de nov. de 2009.

SEGURA, M.; ANDRADE, H. ¿Cómo hacerlo? ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? **Agroforestería de las Américas**, v.46, p.89-96, 2008.

SEGURA, M.; KANNINEN, M. Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. **Biotropica**, v.37, n.1, p.2-8, 2005.

SEGURA, M. et al. Almacenamiento y fijación de carbono en bosques de bajura de la zona atlántica de Costa Rica. **Revista Forestal Centroamericana**, v.30, n.1, p.23-28, 2000.



SEGURA, M.; KANNINEN, M.; SUAREZ, D. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. **Agroforestry Systems**, v.68, n.2, p.143-150, 2006.

SIERRA, C.; DEL VALLE, J. I.; ORREGO, S. Ecuaciones de biomasa de raíces y sus tasas de acumulación en bosques sucesionales y maduros tropicales en Colombia. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL MEDICIÓN Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES, 2001, Valdivia. **Memoria...** Valdivia: UACH, 2001. Disponible en: [http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/18\\_Sierra.PDF](http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/18_Sierra.PDF). Consultado en: 04 de nov. 2009.

SILVA, R. F. et al.. Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, v.32, n.6, p.979-992, 2008

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GÖRGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.5, p.711-718, 2005.

TORRES, R.; MEZA, A. **Medición de carbono almacenado en los Bosques de la Reserva Nacional Malleco, IX Región de la Araucanía**. Santiago, Chile: CONAF-ONF, 2001. 7p.