

**Validación de las tablas de Biomasa de
Pinusmaestrensis Bisse en la Empresa
Agropecuaria Guamá, Santiago de Cuba**



**Validation tables of the Biomass in *Pinusmaestrensis Bisse* in the
Agricultural Enterprise Guamá, Santiago de Cuba**

**Revista Cubana de Ciencias Forestales
Año 2016, Volumen 4, número 1**

Wilfredo Alarcón Martínez¹, Wilmer Toirac Arguelle², José Antonio Bravo Iglesias², Héctor Barrero Medel³, Yoel Aguilera Torres⁴

¹ Licenciado en Ciencias Forestales. Estudiante de la Especialidad Aprovechamiento Forestal. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca".

Correo electrónico: wilmer@forestales.co.cu

²Dr. en Ciencias Forestales. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.

Calle174No.1723e/17B y 17C, reparto Siboney, Playa, La Habana.

³Dr. en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Calle Martí 270 Final, Pinar del Río. CP. 20100.

Correo electrónico: hbarrero@upr.edu.cu

⁴Máster en Ciencias Forestales. Ingeniero Forestal. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador.

RESUMEN

El estudio se realizó en el patrimonio de la Empresa Agropecuaria Guamá, ubicada en la vertiente sur de la Sierra Maestra. Con el objetivo de validar desde el punto de vista práctico y estadístico las tablas de biomasa verde de la especie *Pinusmaestrensis Bisse*, se seleccionaron aleatoriamente, según el aprovechamiento forestal, 36 árboles distribuidos en todo el rango diamétrico, los que se derribaron y cubicaron rigurosamente. La biomasa de los fustes se obtuvo multiplicando los volúmenes por la densidad verde y la biomasa foliar y de rama, por pesaje separado. En el estudio quedó demostrado, a partir de la validación, que estas tablas pueden ser utilizadas por esta empresa en la planificación adecuada del manejo y aprovechamiento forestal de los bosques plantados de *Pinus maestrensis*.

Palabras clave: Validación, tablas, árboles, densidad, biomasa.

ABSTRACT

The study was conducted in equity Guamá Agricultural Enterprise, located on the southern slope of the Sierra Maestra. In order to validate from a practical and statistical point of view the tables of green biomass of *Pinusmaestrensis Bisse*, There were selected randomly, according to forestry 36 trees distributed around the diametric range, which were demolished and cubed rigorously. The stem biomass was obtained by multiplying the volume by the density and green leaf and branch biomass, weighing separately. The study demonstrated, from validating these tables, that they can be used by the Agricultural Enterprise Guama in the proper planning of forest management and the exploitation of planted forests of this species.

Key words: validation, tables, trees, density, biomass.

INTRODUCCIÓN

La estimación de la biomasa arbórea juega un papel clave en el manejo forestal sustentable y en la determinación de los almacenes de Carbono forestal (Cutini *et al.*, 2013). El conocimiento de las biomásas secas de las masas forestales interesa cada vez más a los científicos, bien se trate de biomasa total, o por componentes (hojas, ramas, tronco, raíces). También interesan a los ciudadanos, en la medida en que la madera se convierte nuevamente en una fuente de energía apreciada (Pardé y Bouchon, 1994).

La biomasa es un parámetro que caracteriza la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo (Brown, 1997; Eamus *et al.*, 2000), y está compuesta por el peso de la materia orgánica aérea y subterránea que existe en un ecosistema forestal (Schlegel *et al.*, 2000).

La biomasa forestal se ha convertido en un importante elemento en los estudios sobre los cambios que ocurren a escala mundial. A partir de la biomasa forestal, se puede calcular la concentración de carbono en la vegetación y, por consiguiente, se pueden realizar estimaciones sobre la cantidad de dióxido de carbono que ingresa a la atmósfera cada vez que se desmonta o se quema un bosque.

La utilización de modelos matemáticos, capaces de predecir las potencialidades de biomásas en los bosques, resultan herramientas de gran utilidad para satisfacer las necesidades de evaluación de dichos recursos, aparejado a la necesidad de cambiar o modificar la mentalidad de los decisores a cargo del proceso de producción forestal, que permita una nueva visión para la incorporación o introducción de nuevas tecnologías capaces de aprovechar, en sus diferentes formas, las potencialidades de biomasa forestal existentes en los bosques (Toirac, 2014).

Los modelos alométricos constituyen un método indirecto, práctico cuando se desea estimar la biomasa aérea de los árboles (Figueroa *et al.*, 2010). Estas funciones son desarrolladas para una población de árboles, mediante la estimación de parámetros de una función que relaciona la biomasa con variables de medición fácil, con técnicas de regresión, a través de la cosecha, pesado y registro de la biomasa de una muestra (Návar, 2010; Birdsey *et al.*, 2013). Varios autores han establecido modelos de predicción de biomasa para coníferas a nivel internacional, como es el caso de Fasola *et al.*, (2010) que elaboraron modelos regionales de biomasa aérea de *Pinus taeda* para Misiones y noreste de Corrientes, Argentina, mientras que Seo, *et al.*, (2013) obtiene ecuaciones alométricas para la biomasa en rodales de *Pinus, rígida* en plantaciones de Corea del Sur, y Soriano *et al.*, 2015 para *Pinus patula* en Zacualtipán, Hidalgo, México, los que determinaron modelos por componente estructural (fuste, ramas, follaje y corteza) por solo citar algunos.

En Cuba, se han desarrollado una serie de investigaciones en la cuantificación de la biomasa forestal. Vidal (1995), desarrolló el método multipropósito de estimación de biomasa de copa para diversos fines Económicos y Ambientales, utilizado por Rodríguez (1999), Benítez (2006) y Toirac (2014), sin embargo, la validación e introducción práctica de estos resultados han estado limitados por diferentes causas; por tanto, el problema científico de este trabajo está dado por la validación práctica y estadística de las tablas de estimación de biomasa verde de fuste, ramas y follaje en plantaciones de la especie *Pinusmaestrensis Bisse* en la Empresa Agropecuaria Guamá, teniendo como objetivo general: validar la biomasa de fuste, ramas y follaje de las plantaciones de *Pinusmaestrensis Bisse* en la Empresa Agropecuaria Guamá.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó en el patrimonio de la Empresa Agropecuaria Guamá, que está ubicada en la vertiente sur de la Sierra Maestra; limita por el norte con

los municipios Guisa y Bartolomé Masó de la provincia Granma y Tercer Frente de la provincia Santiago de Cuba, por el sur con el Mar Caribe, por el este, con el municipio de Santiago de Cuba y por el oeste, con el municipio Pión, de la provincia Granma.



Fig. 1. Ubicación del área de estudio
(Fuente: Autor)

En este estudio, para validar desde el punto de vista práctico y estadístico, se seleccionaron, aleatoriamente, según el aprovechamiento forestal, 36 árboles distribuidos en todo el rango dimétrico. A cada uno se les aplicó el siguiente procedimiento: se midió diámetro a 1,30 m. de altura sobre el nivel del suelo, diámetro en la base, se procedió a la tala y se continuó con las mediciones de longitud total del fuste, desrame y desfoliado, medición del diámetro con corteza cada un metro de longitud del fuste y pesaje por separado de la biomasa foliar y de rama, a partir de los criterios de Vidal, 1995; Benítez,

2006; Fonseca *et al.*, (2009) y Toirac (2014). Mello y Gonçalves (2008), Ruiz (2013), coinciden en que las variables diámetro a la altura del pecho y altura total del árbol, por sí solas, no son suficientes para estimar la biomasa de la copa (ramas y hojas), por lo que recomiendan la incorporación de otras variables.

La determinación de la biomasa del fuste de cada árbol se obtuvo, a partir del cálculo del volumen del fuste de cada una de las trozas obtenidas por la fórmula de Smalian:

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

donde:

V : volumen de la troza (m^3)

d_1 : diámetro del extremo mayor (m)

d_2 : diámetro del extremo menor (m)

l : longitud de cada troza (m)

Para convertir los volúmenes de los árboles obtenidos en biomasa se hizo uso de la densidad verde (1020 kg/m^3),

de la madera determinada por Ibáñez et al. (2002) citado en Toirac (2014), donde se utilizó para ello la ecuación 2:

$$BFV = V_{fc} * D_v \quad 2$$

Donde:

BFV : Biomasa de fuste verde

V_{fc} : Volumen del fuste con corteza

D_v : Densidad verde

Para realizar la validación práctica, se compararon los resultados obtenidos en este estudio, con las tablas de estimación por componentes, obtenida por Toirac (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 1, 2 y 3, aparecen reflejadas las variables, biomasa de rama verde (BRV), biomasa de follaje verde y biomasa de fuste verde con corteza, con los límites de confianza de dichas variables (límite inferior (LI) y superior (LS)), correspondientes a cada clase diamétrica. El cálculo de estos dos valores numéricos, definen un intervalo, con cierto grado de confianza, se considera incluye al parámetro poblacional.

En la tabla 1, se muestra que los valores obtenidos en la validación de la biomasa de rama verde se encuentran dentro del intervalo de confianza, reportado por Toirac (2014); lo que garantiza la validez de las estimaciones mostradas en la tabla. La cuantificación de esta variable es de gran importancia para la Empresa Agropecuaria Guamá por su utilidad práctica, dado que en la actualidad este surtido no se aprovecha por no contar con herramientas adecuadas para su estimación, además, permite cuantificar antes de la tala de biomasa de ramas verdes, en plantaciones de esta especie, su posterior uso en la producción de energía, con la conversión en carbón vegetal, además, permite cuantificar los daños producidos por los incendios forestales, pasos de huracanes, afectaciones de plagas y enfermedades.

Tabla 1. Biomasa de rama verde.

D(1.30)	Toirac (2014)			Validación
	BRV	LI	LS	BRV
9	8,47	8,25	8,69	8,5
10	10,64	10,42	10,86	10,7
11	13,08	12,86	13,3	13
13	18,79	18,57	19,01	18
14	22,07	21,85	22,29	21,9
15	25,63	25,41	25,85	25
16	29,48	29,26	29,7	29
17	33,62	33,4	33,84	33
18	38,05	37,83	38,27	38
19	42,79	42,57	43,01	42,62
20	47,82	47,6	48,04	47,7
21	53,16	52,94	53,38	52,99
22	58,8	58,58	59,02	59
23	64,75	64,53	64,97	64,8
24	71,01	70,79	71,23	70
25	77,58	77,36	77,8	77,4
26	84,47	84,25	84,69	84,3
27	91,67	91,45	91,89	91,6
28	99,19	98,97	99,41	99,08
32	132,5	132,28	132,72	132,3
34	151,12	150,9	151,34	150,96
38	192,34	192,12	192,56	192,4
39	203,48	203,26	203,7	203,5
42	238,95	238,73	239,17	239,0

En la tabla 2, se muestra que los valores obtenidos en la validación de la biomasa de follaje verde se encuentran dentro del intervalo de confianza, reportado por Toirac (2014), lo que garantiza la validez de las estimaciones mostradas en la tabla. La utilización de la tabla de estimación de la biomasa de follaje verde constituye una herramienta que permite cuantificar las pérdidas en el proceso de aprovechamiento, es decir, conocer con elevada precisión y

exactitud las pérdidas tecnológicas, permitiendo calcular la biomasa forestal aprovechable para la industria. La estimación de esta variable es de gran importancia ya que el follaje constituye una fuente de materia prima para la obtención de harinas vitamínicas en el suplemento de alimento animal, aceites esenciales y producción de medicamentos, lo que contribuye a la sustitución de importaciones.

Tabla 2. Biomasa de follaje verde.

Toirac (2014)				Validación
D _(1.30)	BFV	Límite inferior	Límite Superior	BFV
9	7,68	7,48	7,88	7,5
10	8,84	8,64	9,04	8,9
11	10,04	9,84	10,24	10
13	12,54	12,34	12,74	12,4
14	13,84	13,64	14,04	13,9
15	15,17	14,97	15,37	15
16	16,54	16,34	16,74	16,3
17	17,93	17,73	18,13	18
18	19,35	19,15	19,55	19,2
19	20,79	20,59	20,99	20,5
20	22,26	22,06	22,46	22,3
21	23,76	23,56	23,96	23,6
22	25,28	25,08	25,48	25,1
23	26,82	26,62	27,02	26,4
24	28,38	28,18	28,58	28,3
25	29,97	29,77	30,17	30
26	31,58	31,38	31,78	31,6
27	33,21	33,01	33,41	33,15
28	34,85	34,65	35,05	35
32	41,64	41,44	41,84	41,7
34	45,14	44,94	45,34	44,9
38	52,36	52,16	52,56	52,2
39	54,2	54	54,4	53,9
42	59,82	59,62	60,02	60

Los valores obtenidos en la validación de la biomasa de fuste verde, con corteza, se muestran en la tabla 3 los cuales se encuentran dentro del intervalo de confianza, reportado por Toirac (2014), lo que garantiza la validez de las estimaciones mostradas en la tabla.

El uso e importancia de esta tabla está determinada porque la biomasa leñosa es un indicador importante del potencial que tienen los bosques para proporcionar madera y captura de carbono. La madera es necesaria, como material de construcción, para la fabricación de pulpa de papel, como combustible y producción de energía.

Tabla 3. Biomasa de fuste verde con corteza.

D(1.30)	Toirac (2014)			Validación
	BFVCC	LI	LS	BFCCV
9	30,61	30,47	30,75	30,7
10	39,72	39,58	39,86	39,6
11	50,28	50,14	50,42	50,3
13	75,98	75,84	76,12	76,0
14	91,26	91,12	91,4	91,15
15	108,23	108,09	108,37	108,23
16	126,95	126,81	127,09	126,93
17	147,48	147,34	147,62	147,42
18	169,86	169,72	170	169,74
19	194,15	194,01	194,29	194,1
20	220,4	220,26	220,54	220,5
21	248,65	248,51	248,79	248,7
22	278,96	278,82	279,1	279
23	311,36	311,22	311,5	311,3
24	345,91	345,77	346,05	345,9
25	382,64	382,5	382,78	382,6
26	421,59	421,45	421,73	421,5
27	462,82	462,68	462,96	462,8
28	506,36	506,22	506,5	506,54
32	704,4	704,26	704,54	704,4
34	818,29	818,15	818,43	818,2
38	1077,26	1077,12	1077,4	1077,2
39	1148,71	1148,57	1148,85	1148,6
42	1379,66	1379,52	1379,8	1379,53

El conocimiento de la dinámica de acumulación de biomasa es importante para comprender el funcionamiento del ecosistema forestal, ya que refleja la distribución del material orgánico y permite evaluar los efectos de una intervención de carácter antrópico. En la actualidad, las líneas de actuación en este ámbito se centran fundamentalmente en el interés que la biomasa despierta como materia prima de procesos industriales y energéticos.

Desde el punto de vista práctico, la utilización de las tablas de estimación de la biomasa del fuste es una herramienta que permite, económicamente, cuantificar. Antes de la tala, la cantidad de biomasa de fuste existente a extraer, con sus respectivos

beneficios económicos en la construcción de la red caminera, la capacidad de carga del transporte a utilizar, la selección de equipos a utilizar en el arrastre, acopio y carga, así como la factibilidad económica del aprovechamiento forestal. Con la vinculación que tiene con la implementación de los planes de manejo y su relación en la planificación de las operaciones del aprovechamiento forestal, permite un ahorro de recursos, fuerza de trabajo, materiales y equipos económicamente importantes para la Empresa Agropecuaria Guamá. La utilización de estas tablas de conjunto con otras herramientas permite cuantificar las pérdidas en el proceso de aprovechamiento, las potencialidades de carbono y otros elementos químicos

existentes, pudiendo estimar la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmósfera o conservado y fijado en una determinada superficie

Las tablas de biomasa de fuste, ramas y follaje en plantaciones de *Pinusmaestrensis Bisse*, obtenidas por Toirac (2014) para la Empresa Forestal Integral Granma, quedaron validadas para su posterior uso en la Empresa Agropecuaria Guamá.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J. G., et al. *Estimación de la biomasa arbórea de "Eucalyptus globulus" y "Pinus pinaster" en Galicia*. 2012.
- BENÍTEZ, J. Y. *Estimación de la biomasa total en plantaciones de Casuarina equisetifolia Forst de la provincia de Camagüey*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias Forestales. Pinar del Río, 2006.
- BIRDSEY, R. G., ANGELES P., KURZ, W. A., LISTER, A., OLGUIN, M., PAN Y., WAYSON, C., WILSON, B. and JOHNSON, K. Approaches to monitoring changes in carbon stocks for REDD+. *Carbon Management*, 2013, **4**, (5).
- BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. *Department of Natural Resources and Environmental Sciences*. [En línea]. University of Illinois, Urbana, Illinois, USA. 1997. [Consulta 30 de octubre 2013]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e07.htm#TopOfPage>
- CUTINI, A., CHIANUCCI, F., and MANETTI M. C. Allometric relationships for volume and biomass for stone pine (*Pinus pinea* L.) In *Italian coastal stands. I Forest*, 2013, **6**, (331-337).
- EAMUS, Derek; BURROWS, William; MCGUINNESS, Keith. *Review of allometric relationships for estimating woody biomass for Queensland, the Northern Territory and Western Australia*. Australian Greenhouse Office, 2000.
- FASSOLA, Hugo E., et al. Modelos regionales de biomasa aérea de *Pinus taeda* para Misiones y NE de Corrientes, Argentina. *14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF, UNaM-EEA Montecarlo, El Dorado, Misiones, Argentina*, 2010.
- FIGUEROA N., C. F., G. ANGELES P., A. VELÁZQUEZ M., y DE LOS SANTOS, H. M. P. Estimación de Biomasa en un bosque bajo manejo de *Pinus patula* Schlt. et Cham. En *Zacualtíán, Hidalgo. Rev. Mex. Cien. For*, 2010, **1**, (105-112).
- FONSECA, W.; ALICE, F. y REY, J. M. *Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques Secundarios en la zona Caribe de Costa Rica, Bosque* **30**, (1) 36-47, 2009 [en línea]. [Consulta 28 de agosto 2012]. [Consulta 28 de agosto 2012]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v30n1/art06.pdf>
- MELLO, S. L. M.; GONÇALVES, J. L. M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema Radicular empovoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com Produtividades distintas. *Sociedade de Investigações Florestais. R. Árvore, Viçosa*, 2008, **32**, (1), p. 101-111
- NÁVAR, José. Measurement and assessment methods of forest aboveground biomass: a literature review and the challenges ahead. *Biomass. Sciyo, Croatia*, 2010, p. 27-64.
- PARDÉ, J. y BOUCHON, J. *Dasometría*. Edición Española traducida de la segunda edición de dendrometría "L'Ecole National du Génie Rural des Eaux et des Forêts", Francia. 1994.
- RUIZ, R. *Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los sistemas forestales. Influencia de la silvicultura en los stocks de carbono*. Tesis presentada en opción al grado de doctor en ciencias forestales universidad de Valladolid España, 2013.
- SCHLEGEL, B; GAYOSO, J; GUERRA J. 2000. *Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado*

- mundial: Manual de procedimientos: Valdivia. Chile. p 24. [en línea]. [Consulta 12 de octubre 2013]. Disponible en: http://www.uach.cl/procarbono/pdf/manuales/guia_destructivo*
- SEO, Y. O., LEE, Y. J., LUMBRES, R. I. C., PYO, J. K., KIM, R. H., SON Y. M., and LEE, K. H. Influence of stand age class on biomass expansion factor and allometric equations for *Pinus rigida* plantations in South Korea. *Scand. J. For. Res.* 2013, **28**, (566-573).
 - SORIANO, M.A., ÁNGELES, G., MARTÍNEZ, T., PLASCENCIA, F. O YRAZO, R. Estimación de biomasa aérea por componente estructural en Zacualtipán, Hidalgo, México above ground biomass estimation by structural component in Zacualtipán, Hidalgo, México. *Agrociencia*, 2015, **49**, (423-438)
 - TOIRAC, W. *Estimación de la biomasa aérea total, carbono y nitrógeno retenido en plantaciones de Pinus maestrensis Bisse en la provincia Granma*. Tesis presentada (en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, 2014.
 - VIDAL, A. *Estudio de las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa de copa de coníferas de la provincia Pinar del Río*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias Forestales. Pinar del Río, 1995.

Recibido: 04 de febrero del 2016.

Aceptado: 05 de julio de 2016.

Wilfredo Alarcón Martínez. Licenciado en Ciencias Forestales. Estudiante de la Especialidad Aprovechamiento Forestal. Universidad de Pinar del Río "Hnos Saíz Montes de Oca". Correo electrónico: wilmer@forestales.co.cu