

PRONÓSTICO DE BIOMASA DE COPA APROVECHABLE DE *PINUS TROPICALIS* POR METRO CÚBICO DE MADERA DE FUSTE

PREDICTION OF PROFITABLE CROWN BIOMASS IS OF *PINUS TROPICALIS* FOR M³ OF SHAFT'S WOOD

DR. ALBERTO M. VIDAL-CORONA, DR. WILMER TOIRAC-ARGÜELLES² Y M.SC. JESÚS RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ³

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte 178, Los Coquitos, Camagüey, Cuba, alberto.vidal@inaf.cmg.minag.cu

² Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB de Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba.

³ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Viñales, Km 20, Carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

La investigación se desarrolló en bosques naturales de *Pinus tropicalis* var. *caribaea*, sometidos a manejos silvícolas, en los municipios de Viñales, Guane, La Palma y Minas de Matahambre, provincia de Pinar del Río, y tuvo como objetivo específico determinar el potencial medio de biomasa foliar y biomasa maderable de copa aprovechable por metro cúbico de madera de fuste, extraídos del bosque diariamente, programados a emplear para la obtención de extracto alcohólico biactivo y como portador energético, respectivamente. Los resultados mostraron que por cada metro cúbico de madera de fuste acopiada en el acopiadero superior, se alcanzaba como promedio una biomasa maderable de copa de 85,4 kg, de biomasa de manojos fasciculares 127,6 kg y 102,5 kg de acículas, cifras que se recomiendan emplear como indicadores confiables para la estimación de estas biomásas a partir del conocimiento de los metros cúbicos de madera de fuste aprovechados por las brigadas extractivas diariamente como promedio.

Palabras claves: biomasa de copa, estimación, extracto alcohólico bioactivo.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del potencial de residuos que se obtienen en las áreas taladas es esencial para su correcto manejo, pero su pronóstico resulta muy difícil hacerlo pretala. También este elemento es muy importante para la supervisión y monitoreo de las áreas aprovechadas (Bailey, 1970) y para la planificación de su posible aprovechamiento con diferentes fines (Vidal, 1995).

ABSTRACT

The study was developed in natural forests of *Pinus tropicalis* var. *caribaea*, subjected to forestry's handlings, in the municipalities of Viñales, Guane, La Palma and Minas de Matahambre, county of Pinar del Río. The investigation had as central objective to define the half potential of biomass to foliate and lumberman biomass of profitable tree crown, for m³ of wooden of shaft, extracted of the forest daily, programmed to use for the obtaining of extract alcoholic with biological activity and like of energy payee, respectively. The results showed that for each m³ of gathered wood's shaft, a crown biomass of 85,4 kg was reached; 127,6 kg of fascicules bundle's biomass and 102,5 kg of aciculum; numbers that are recommended to use as reliable indicators for the estimate of these biomasses, starting from knowledge of the shaft wooden's m³ taken advantage daily by the extractive brigades, like average.

Key words: crown biomass, estimation, alcoholic extract with biological activity.

En Cuba valiosos resultados se han obtenido en el tema de pronóstico integral de la biomasa de *Pinus tropicalis* para diferentes usos, en los que se destacan las tablas de volumen de madera en pie elaboradas por Erasmo (1988), las tablas de biomasa de copa en pie confeccionadas por Vidal (2011), Vidal *et al.* (2017a) y las tablas para la determinación de la biomasa de copa

residual que queda en el bosque, una vez concluido el proceso de aprovechamiento forestal, aportadas por Vidal *et al.* (2017). El empleo de las tablas descritas anteriormente permite el pronóstico integral de la biomasa de esta especie pretala, facilitando la planificación de su manejo y aprovechamiento integral a corto, mediano y largo plazos.

En la práctica, cuando se proyecta el uso industrial de la biomasa foliar de copa de una especie forestal para su empleo en la obtención de extracto alcohólico bioactivo y aceites esenciales, se requiere compatibilizar las cifras directivas del plan diario de aprovechamiento y acopio de la madera de fuste en el acopiadero superior con la biomasa foliar aprovechable que genera este plan. Esta información permite definir con precisión la

disponibilidad diaria de esta biomasa posible a entregar a las plantas extractivas proyectadas, en función con su demanda por turnos de trabajos, objetivo específico del presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones experimentales

Las áreas estudiadas (Fig. 1) se encuentran en suelos Ferralíticos Cuarcíticos Amarillo Rojizos Lixiviados a una altura que oscila entre 130 y 160 msnm, dentro de un relieve accidentado, con un nivel de precipitaciones de 1765-1780 mm y una temperatura media anual de 25 °C, según la *Clasificación genética de los suelos de Cuba* (1980) y la *Clasificación de los suelos de Cuba*, de Hernández *et al.* (2015).

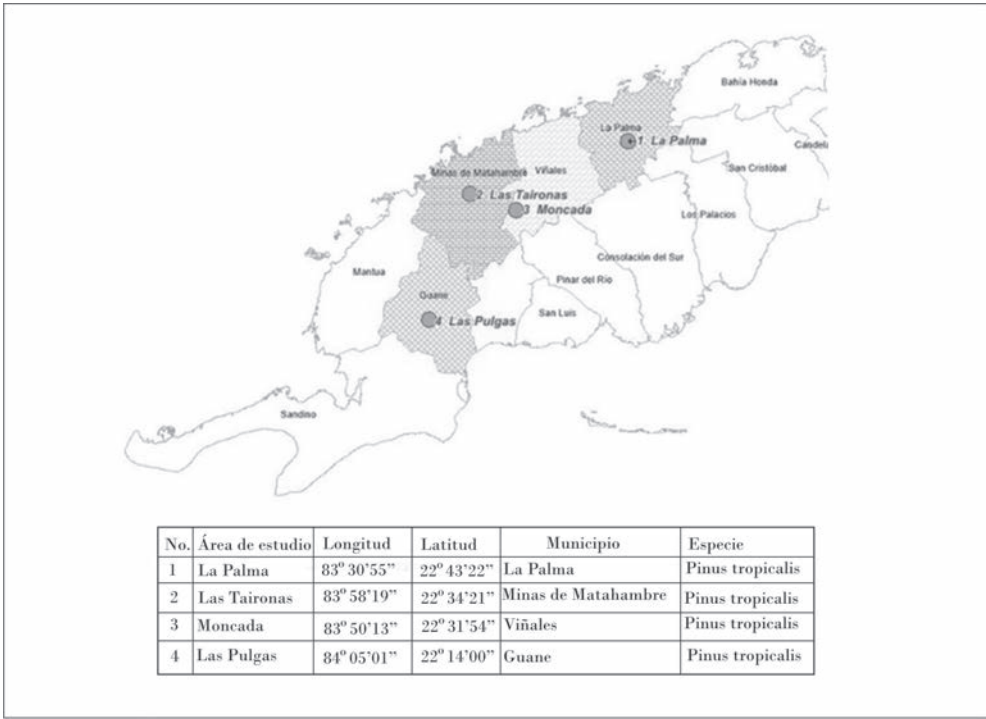


Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio por municipio.

En correspondencia con el *Manual de procedimiento para el aprovechamiento de impacto reducido de los bosques de Cuba* (García *et al.*, 2012), estas áreas poseen las siguientes características técnicas y tecnológicas:

- Formación boscosa: *Pinar*.
- Plantación y/o bosque natural: *Bosque natural*.
- Composición arbórea: *9 Pc1Qs*.
- Tipo de manejo: *Tratamiento silvicultural*.
- Tipo de relieve: *Accidentado*.
- Tipo de suelo en base a su capacidad de carga: *Bueno*.
- Clasificación del terreno por su rugosidad: *Muy fino*.
- Tipo de suelo en base a su resistencia: *Resistente*.
- Distancia media de acopio de la madera: *250 m*.
- Pendiente media del área: *20 %*.

- Método de entrega de la madera a la industria: *fustes enteros*.
- Método propuesto de entrega de la biomasa foliar de copa a la planta: *Manojos fasciculares*.

Cuantificación de la biomasa aprovechable de copa de *Pinus tropicalis* en función de la tecnología empleada por municipios

Materiales: Se utilizaron cintas métricas de 25 m de largo, forcipulas, pie de rey, balanza de 50 kg de capacidad, dos mantas de sacos de yute, tabllillas y modelos para la captación de los datos de campo y medios y sistemas automatizados de cómputo para el procesamiento de los datos.

Método: El estudio se centró en el análisis cualitativo y cuantitativo de la biomasa total y por componentes de *Pinus tropicalis* (Fig. 1) que llega al acopiadero por jornada y por metro cúbico de madera de fuste acopiada, el cual comprende desde la tala de los árboles con motosierras Stihl 440 en las áreas de aprovechamiento, hasta su acopio final en el acopiadero superior en forma de paquetes, empleando en esta tarea un tractor de esteras provisto de un winche, dotado de un cable principal para el amarre de los árboles por su base.

El número de jornadas necesarias a evaluar se calculó por la fórmula:

$$N = (Cv \cdot t)^2 / E^2$$

donde:

N: Número de jornadas necesarias a evaluar

Cv: Coeficiente de variación

t: Valor de Student para un nivel de significación del 90 %

E: Error máximo admisible propuesto del 10 %

El procesamiento de todos los datos de campo captados se realizó de forma automatizada a partir del programa estadístico Statgraphics Plus, versión 5.1, sobre Windows 95.

La investigación tuvo como objetivo específico establecer indicadores técnicos que faciliten el pronóstico preliminar de esta biomasa para diversos fines industriales, a partir de los volúmenes de madera de fuste que las brigadas extractivas producen diariamente como promedio.

Para cumplimentar el objetivo trazado se definió en cada caso los siguientes elementos: tamaño de la muestra requerida, nivel medio de la produc-

tividad en el acopio diario de la madera de fuste en el acopiadero superior, número de árboles por paquetes, número de paquetes, número de jornadas, número de paquetes por jornadas, diámetro medio de los árboles por paquete, longitud media de los árboles por paquete, volumen total de madera de fuste acopiada por jornada, volumen total de madera de fuste acopiada por paquete, peso y porcentaje total de ramas por jornada y por rangos diamétricos, peso total de acículas por jornada, peso total de manojos por jornada, peso total de ramas por metro cúbico de madera total de fuste acopiado, acículas por metro cúbico de madera total de fuste acopiado, manojos por metro cúbico de madera total de fuste acopiado, contenido de la masa maderable y de la masa foliar de los manojos y su relación masa foliar-masa maderable, masa volumétrica de las ramas y la masa volumétrica de los manojos.

El cálculo del volumen de madera del fuste se determinó por las tablas de Ares (1989), la biomasa de copa en pie por las tablas de Vidal *et al.* (2017a) y las pérdidas tecnológicas de la biomasa foliar y maderable de copa por las tablas de Vidal (2012) y Vidal *et al.* (2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuatro municipios objetos de este estudio, pertenecientes a la provincia de Pinar del Río, la tecnología de aprovechamiento mayormente empleada se basa fundamentalmente, en la entrega a la industria de fustes enteros para su posterior elaboración, la cual alcanza como promedio una productividad de 13,2 m³ de madera por jornada y una biomasa de copa equivalente a 1141,3 kg de ramas, 1722,1 kg de manojos y 1395,1 kg de acículas, lo que representa 85,4 kg de ramas por metro cúbico de madera de fuste acopiada y 127,6 kg de manojos y 102,5 kg de acículas, respectivamente. El contenido medio de masa maderable de los manojos es del 18,9 % y el contenido medio de masa foliar de 81,1, siendo la relación media masa foliar-masa maderable de 4,3 y la masa volumétrica de los manojos y de las ramas de 141,1 y 286,0 kg/m³, respectivamente (véase *Anexo 1*).

En el estudio desarrollado la biomasa media maderable de copa acopiada por jornada se distribuye por rangos diamétricos para facilitar la planificación de su posible uso.

El error medio de muestreo alcanzado para cada uno de los parámetros evaluados descritos anteriormente fue menor al proyectado (10 %), y osciló entre 1,03 y 4,79 %, y en el caso específico de la biomasa foliar por metro cúbico de madera de fuste acopiado en el acopiadero superior fue del 4,07 %, elementos que reflejan la precisión del estudio efectuado (véase *Anexo 2*). Similares resultados obtuvo Vidal (1995) en estudios realizados en los municipios de Minas de Matahambre, Viñales, La Palma y de Guane, provincia de Pinar del Río, en plantaciones de esta misma especie.

En estudios desarrollados por Vidal *et al.* (2018) en *P. caribaea*, se aprecia que la biomasa maderable de copa obtenida por metro cúbico de madera de fuste acopiada en el acopiadero superior es similar para ambas especies, oscilando entre 87,0 y 85,4 kg, con relación a *P. tropicalis*. Sin embargo, en el caso de la biomasa foliar de copa en *Pinus tropicalis* es 2,41 veces mayor, elemento que resulta muy importante tenerlo en cuenta en la planificación de su empleo diario para la extracción de aceites esenciales y extracto alcohólico bioactivo, atendiendo a la demanda real por parte de las plantas proyectadas

Resulta necesario destacar también la posibilidad de empleo de la biomasa maderable de copa de *P. tropicalis* obtenida por metro cúbico de madera de fuste para su uso en las plantas extractivas, de forma directa o en forma de carbón vegetal, debido a que posee una buena aptitud para estos fines (Guyat *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

- Los valores medios de las biomásas maderable de copa, de manojos y foliar, obtenidas por metro cúbico de madera de fuste acopiada en el acopiadero superior diariamente, quedaron definidas en la investigación.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Alberto M. Vidal Corona

Doctor en Ciencias Forestales e Investigador y Profesor Titular, graduado de Ingeniero Tecnólogo Forestal y especialista en Aprovechamiento e Industria Forestal en la extinta Unión Soviética, posee 38 años de experiencia laboral. Su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de estudios de la biomasa forestal y de tecnologías, sistemas de máquinas y formas científicas de organización de la fuerza laboral para su aprovechamiento de impacto reducido al ambiente. Ha impartido cursos de posgrados, diplomados, especialidades, maestrías y doctorados. Participa activamente en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

- Las cifras descritas en la tabla sirven como indicadores técnicos confiables para el pronóstico y la caracterización cualitativa-cuantitativa de la biomasa de copa, a partir del conocimiento de los metros cúbicos de madera de fuste que las brigadas de aprovechamiento acopian como promedio por jornada.

BIBLIOGRAFÍA

- Ares, A.E. 1988. Tablas de volumen de madera para bosques naturales de *P. Tropicalis*. Informe técnico. 7 p.
- Bailey, G.H. 1970. A Simplified Method of Sampling Logging Residue. The Choonible (CA) 46(4): 1-7.
- FAO. 1983. Métodos Simples para Fabricar Carbón Vegetal. Estudios FAO. (Monte). 41 p.
- García, J.M., Vidal, A.M., Herrero, J.A., Batista, E. 2012. Manual de procedimiento para el aprovechamiento de impacto reducido de los bosques de Cuba. Proyecto "Desarrollo del Sector Forestal en Cuba". La Habana. Dirección Forestal Minag. 159 p.
- Guyat, M.A., Vidal, A.M., Rodríguez, J. 2018. Biomasa de copa de *Pinus caribaea* var. *caribaea* para la producción de carbón vegetal. Informe técnico. La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 42 p.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Infante, D.B., Speck, N.C. 2015. Clasificación de los Suelos de Cuba. Instituto de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos de Cuba. ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Instituto de Suelos. Clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana. Academia de Ciencias de Cuba. 1980.
- Software estadístico Statgraphics Plus version 5.1 sobre Windows. 1995.
- Vidal, A.M. 1995. Estudio de las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa de copa de coníferas de la provincia de Pinar del Río. 100 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales)-- Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Vidal, A.M., Toirac, W., Rodríguez, J. 2017. Método multipropósito de estimación de biomasa de copa de especies forestales para diversos fines. Memorias 7 Congreso Forestal de Cuba. 12 p.
- Vidal, A.M., Toirac, W., Rodríguez, J. 2017a. Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus tropicalis* Morelet. 8 p. (inédito).
- Vidal, A.M., Quert, R., Avilés, G.F. 2018. Pronóstico de biomasa de copa aprovechable de *Pinus caribaea* por metro cúbico de madera de fuste. 11 p. (inédito).

Anexo 1

Análisis cuantitativo de la biomasa aprovechable de copa en función de la tecnología empleada por municipios.
Especie: *Pinus tropicalis var caribaea*

Indicadores evaluados	Unidad de medida	Entrega a la industria de fustes enteros				
		Viñales	Guane	La Palma	Minas	Media P.
Número de total de árboles	Uno	996,0	1316,0	1171,0	1118,0	1150,3
Número de paquetes	Uno	160,0	184,0	172,0	168,0	171,0
Número de jornadas	Uno	24,0	25,0	25,0	25,0	24,8
Número de paquetes por jornadas	Uno	6,7	7,4	6,9	6,7	6,9
Número de árboles por paquete	Uno	6,2	7,2	6,8	6,7	6,7
Diámetro medio de los árboles por paquete	cm	26,6	24,4	22,8	27,2	25,3
Longitud media de los árboles por paquete	m	14,1	12,8	11,3	13,3	12,9
Volumen total de madera de fuste por jornada	m ³	13,4	15,5	11,0	13,4	13,2
Volumen total de madera de fuste por paquete	m ³	2,0	2,1	1,6	2,0	1,9
Peso y porcentaje total de ramas por jornada y por rangos dimétricos:	kg y %					
• Peso total de ramas por jornada	kg	1181,5	1266,9	849,9	1266,9	1141,3
• Por ciento total de ramas	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
• Ramas con diámetro < de 0,7 cm	kg	16,2	10,9	8,7	10,6	11,6
• Ramas con diámetro < de 0,7 cm	%	1,37	0,86	1,02	0,83	1,0
• Ramas con 0,71 ≤ diámetro ≤ 2,5 cm	kg	434,1	522,0	297,0	472,0	431,27
• Ramas con 0,71 ≤ diámetro ≤ 2,5 cm	%	36,74	41,2	34,94	37,25	36,4
• Ramas con 2,51 ≤ diámetro ≤ 4,0 cm	kg	330,7	339,7	256,3	383,0	327,42
• Ramas con 2,51 ≤ diámetro ≤ 4,0 cm	%	27,98	26,81	30,15	30,23	27,6
• Ramas con diámetro > 4,0 cm	kg	400,5	534,7	287,9	401,3	406,1
• Ramas con diámetro > 4,0 cm	%	33,89	42,2	33,87	31,67	35,0
Peso total acículas por jornada	kg	1469,0	1532,2	562,5	2016,7	1395,1
Biomasa de copa por jornada:						
• Ramas por metro cúbico de madera total de fuste acopiada	kg	88,2	81,7	77,3	94,5	85,4
• Acículas por metro cúbico de madera total de fuste acopiada por jornada	kg	109,6	98,8	51,1	150,5	102,5
• Manojos por metro cúbico de madera total de fuste acopiado por jornada	kg	135,8	120,6	63,1	187,0	127,6
Peso total de manojos por jornada	kg	1819,2	1869,4	694,4	2505,4	1722,1
Descomposición de los manojos:						
• Contenido de masa maderable	%	19,2	17,5	19,0	19,9	18,9
• Contenido de masa foliar	%	80,8	82,5	81,0	80,1	81,1
• Relación masa foliar-masa maderable	uno	4,2	4,7	4,3	4,0	4,3
Masa volumétrica de los manojos	kg/m ³	143,0	140,0	139,6	142,3	141,1
Masa volumétrica de las ramas	kg/m ³	290,2	282,1	279,7	292,0	286,0

Anexo 2

Error de muestreo obtenido para cada parámetro evaluado en función de la tecnología empleada. Especie: *Pinus tropicalis* var. *caribaea*

No.	Parámetros evaluados	Error de muestreo				
		Viñales	Guane	La Palma	Minas	Prov. P. R
1	Diámetro en la base (cm)	2,53	1,15	2,17	0,65	1,05
2	Diámetro a la altura del pecho (cm)	2,58	1,19	2,16	0,66	1,03
3	Largo del fuste (m)	2,52	1,59	2,05	0,91	1,12
4	Volumen de madera por árbol (m ³)	3,36	2,73	4,77	1,60	1,74
5	Distancia de acopio recorrida en cada viaje (m)	8,11	7,83	8,32	8,19	4,05
6	Pendiente media por cada viaje (%)	7,64	7,13	7,37	7,63	3,51
7	Peso calculado de ramas en pie (kg)	3,68	2,46	4,08	1,52	1,91
8	Pérdidas de ramas (kg/m ³)	5,45	2,98	5,49	3,98	2,64
9	Peso real de ramas (kg)	3,77	2,83	4,29	1,86	2,02
10	Relación ramas volumen de madera de fuste (kg/m ³)	4,47	8,00	2,66	2,12	2,74
11	Distribución de la madera de las ramas por surtidos (cm):					
	0,71 ≤ diámetro ≤ 2,5 cm	4,62	5,27	4,47	7,32	4,79
	0,71 ≤ diámetro ≤ 2,5 cm	3,66	2,82	4,28	1,94	2,06
	2,51 ≤ diámetro ≤ 4,0 cm	4,28	2,86	4,24	3,25	2,12
	diámetro > 4,0 cm	3,73	2,83	4,39	2,35	2,16
12	Peso calculado de acículas en pie (kg)	5,62	3,85	5,37	2,25	3,34
13	Pérdidas de acículas (kg/m ³)	6,41	5,55	6,73	5,64	3,93
14	Peso real de acículas (kg/m ³)	7,41	5,67	6,43	3,57	4,07
15	Peso real de manojos (kg/m ³)	7,20	5,67	6,43	3,67	3,9
16	Relación acículas-volumen de madera de fuste (kg/m ³)	6,59	7,47	5,33	3,02	3,8
17	Relación manojos-volumen de madera de fuste (kg/m ³)	6,21	7,47	5,35	3,69	3,72