

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA DISPONIBLE PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CUBA

EVALUATION OF THE AVAILABLE BIOMASS FOR THE ENERGY GENERATION IN CUBA

M.Sc. MARIA A. GUYAT-DUPUY¹, M.Sc. MANUEL PLA-DUPORTE² E ING. MIRTA ARANGO-HERNANDEZ²

¹ Instituto de Investigaciones Agroforestales. UCTB de Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, mguyat@forestales.co.cu, teléf.: 208 2554.

² Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Calle 114 no. 11901 e/ Ciclo Vía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba, mpla@ceter.cujae.edu.cu

RESUMEN

Cuba tiene en las biomásas la intención de incrementar el empleo de las fuentes renovables de energía, en particular las biomásas forestal, que requieren una evaluación de las potencialidades con que cuenta nuestro país. El objetivo es evaluar la disponibilidad de biomasa forestal como sustituto del fuel oil. La determinación del potencial de biomasa forestal se evaluó según la metodología de Espinosa. Se dispone de 456,3 (Mm³) de biomasa forestal disponible hasta 2015, que producirá 5 163 490, 8 GJ para producir energía y 1 434 303,0 MWh de electricidad. El total de energía que podría ser originada por la biomasa forestal disponible de las especies de pino y eucalipto es de 15 222 738,8 GJ y 4 228 538,6 MWh/año respectivamente. Las biomásas evaluadas de pino y eucalipto pueden sustituir 200 564,4 t de fuel oil, mientras que la disponible en general 19 747,0 t.

Palabras claves: biomasa forestal, disponibilidad, potencialidades, energía.

ABSTRACT

Cuba has in the biomasses the purpose of increasing the employment of the renewable sources of energy; in particular the forest biomasses require an evaluation of the potentialities with which it counts our country. The objective is to evaluate the readiness of forest biomass as substitute of the fuel oil. The determination of the potential of forest biomass is calculated according to Espinosa's methodology. It has 456, 3 (Mm³) of available forest biomass up to the 2015 that it will produce 5 163 490.8 GJ to produce energy and 1 434 303.0 MWh of electricity. The energy total that could be originated by the available forest biomass of the pine species and eucalyptus is of 15 222 738.8 GJ and 4 228 538.6 MWh / year respectively. The evaluated biomasses of pine and eucalyptus can substitute 200 564.4 t of fuel-oil while, the available one in general 19 747.0 t.

Key words: Forest biomass, availability, potential, energy.

INTRODUCCIÓN

La biomasa se define como el conjunto de plantas terrestres y acuáticas; los residuos o subproductos derivados de la transformación de las mismas, bien por los animales que se alimentan de ellas o por los procesos tecnológicos de las industrias agroalimentarias. Esta se convierte en energía a través de medios tradicionales y modernos; por lo tanto, tiene el potencial de

ser una importante fuente de energía actual y futura. Se puede transformar en combustible sólido, líquido o gaseoso para sustituir los combustibles fósiles a bajos niveles de inversión y alta rentabilidad.

Los sistemas de conversión de la biomasa en energía representan una oportunidad para la distribución más racional de las riquezas y por

tanto de acrecentar la equidad del desarrollo entre las áreas rurales y urbanas. La bioenergía, definida como la energía derivada de los biocombustibles (combustibles producidos directa o indirectamente a partir de la biomasa) (FAO, 2004), podría hacer una contribución importante a la estructura de suministro de energía de las ciudades en crecimiento, donde, como resultado de una sobredependencia a los combustibles fósiles, la contaminación del aire ha llegado a ser un problema ambiental y de salud muy serio. El cambio de combustible hacia sistemas energéticos de biomasa es un modo económico efectivo para mitigar ese problema.

El empleo de los recursos forestales se ha visto reforzado por la demanda de leña y carbón vegetal, recursos energéticos que se encuentran al alcance de todos. Dichos recursos de ser sobreexplotados ponen en peligro la existencia de especies de plantas leñosas hasta dejarlas al borde de su extinción. Pero tales especies también pueden ser aprovechadas racionalmente mediante tecnologías y métodos apropiados para aumentar su productividad (Guyat, 2002).

Cualquier biomasa forestal puede ser usada como combustible; sin embargo, el combustible debe satisfacer los requerimientos del sistema de conversión. La biomasa leñosa puede ser de plantaciones especiales para producir energía, subproductos del bosque y de la industria. Los combustibles biomásicos aptos para la generación de energía son muchos y muy diversos. Cada uno de ellos posee propiedades físico-químicas específicas que los caracterizan y requieren soluciones tecnológicas particularizadas para su utilización eficiente y confiable.

La transformación de la materia prima en combustible depende de las propiedades físicas que afectan al sistema de conversión de energía, como son la distribución del tamaño, la forma, el factor de volumen sólido, densidad básica, contenido de humedad, contenido de contaminantes no combustibles, poder calórico, temperatura de inflamación, temperatura de ignición, temperatura de combustión, entalpía de combustión. En 2007, como parte de los Programas de la Revolución Energética, el gobierno cubano formuló una iniciativa para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía con el objetivo de asegurar un adecuado

y sostenible suministro de la misma, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y garantizar el continuo crecimiento económico del país (Suárez, 2007), y en la actualidad, con la creación del Ministerio de Energía y Minas, estos propósitos se han visto reforzados.

Partiendo de la problemática actual, referida al uso de biomasa, se ha incrementado el interés por el empleo de los residuos de la explotación y transformación de la madera, de plantaciones energéticas y otras biomásas, las cuales desempeñarán un papel importante en la economía energética de nuestro país. Una de las mayores posibilidades con que cuenta Cuba para obtener energía renovable es a partir de la biomasa; pero su empleo a gran escala requiere conocer sus potencialidades actuales, de manera que permita una mejor planificación de las inversiones que se deberán acometer en este campo en breve plazo, cuestión esta que en Cuba no se ha abordado exhaustivamente.

El objetivo de este trabajo es evaluar la disponibilidad de biomasa forestal para su empleo como sustituto del *fuel oil*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el trabajo se partió del análisis del potencial proyectado en el Programa de Desarrollo Forestal 2010-2015 (GEAM, 2007). La determinación del potencial de biomasa forestal se calcula a partir de la biomasa en $\text{Mm}^3/\text{año}$ de pino y latifolia de cada una de las provincias según la metodología de Espinosa (1989). El estudio de la densidad se realizó en los laboratorios del Grupo de Productos Forestales del INAF, donde se consideró las densidades básicas por especies:

Densidad pino: 550 kg/m^3

Densidad latifolia: 650 kg/m^3

Densidad de la biomasa general: 600 kg/m^3

La cantidad de biomasa (Cant. Biom.) (t) está dada por la relación volumen de biomasa ($\text{Mm}^3/\text{año}$) y la densidad (kg/m^3).

$$\text{Cant. biom (t)} = \text{Volumen esp. (m}^3\text{)} \cdot \text{Dens. (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

donde:

Cant. Biom.: Cantidad de biomasa (t)

Volumen esp.: Volumen de las especies estudiadas (m³)

Dens.: Densidad básica de las especies estudiadas (kg/m³)

Para obtener el poder calórico de cada especie se utilizó un calorímetro de combustión adiabático modelo IKA-Kalorimeter-0400, colocando muestras aproximadamente 1 g a presión constante y temperatura de 25 °C.

Para evaluar la valoración energética de la biomasa se determinó la cantidad de energía potencial (Cant. energía) y de electricidad que pudiera generar, y combustible convencional que se puede sustituir con la biomasa disponible.

$$\text{Cant. energía} = \text{Cant. biom.} \cdot \text{PC}_{\text{esp}} \quad (2)$$

donde:

Cant. energía: Cantidad de energía potencial (t)

Cant. bioma: Cantidad de biomasa (t)

PC: Poder calórico de las especies (MJ/kg)

PC petróleo: 43,12 MJ/kg

PC biomasa forestal de pino: 21,52 MJ/kg

PC biomasa forestal de latifolia: 18,67 MJ/kg

PC biomasa forestal 18,84 MJ/kg

Factor de conversión: 1 kwh = 3,6 MJ

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la proyección de biomasa forestal para 2015, según GEAM (2007), se encontró que el potencial disponible de esta puede ser utilizada para la obtención de energía y la generación de electricidad a partir de las especies pino, latifolia y general de la misma.

En la *Tabla 1* se muestra la disponibilidad de la biomasa de pino para 2015 en todas las formas de ocurrencia, siendo las provincias de mayores potenciales Pinar del Río, Matanzas, Villa Clara, Camagüey, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo, para una disponibilidad de 499,4 Mm³/año de madera rolliza y raleo, y 465,6 Mm³/año de residuos del monte e industria; si se considera que la costanera puede ser utilizada para otros fines no energético, el potencial disponible será de 327,3 Mm³/año para este último (*Tabla 1*).

Se encontró que la cantidad de biomasa disponible de pino que se puede obtener es 247 670,0 t en madera rolliza y raleo, y 180 015,0 t de residuos del monte y la industria, respectivamente.

Tabla 1. Potencial de biomasa disponible de pino hasta 2015

Año 2015 Provincia	Coníferas (Mm ³)								
	Madera rolliza y leña			Residuos del monte y la industria					Total general
	Raleos	Cortas	Total	Ramas	Aserrín	Costanera	Otros	Total	
Pinar del Río	72,2	140,0	212,2	21,3	80,9	68,7	60,5	231,4	443,6
La Habana	0,7	0,9	1,6	0,1	0,5	0,5	0,4	1,5	3,1
Matanzas	7,8	13,7	21,5	2,1	7,9	6,7	5,9	22,6	44,1
Villa Clara	4,7	14,1	18,8	2,2	8,4	7,2	6,3	24,1	42,9
Cienfuegos	1,0	5,9	6,9	0,9	3,4	2,9	2,6	9,8	16,7
Sancti Spiritus	4,1	4,2	8,3	0,6	2,4	2,1	1,8	6,9	15,2
Ciego de Ávila	0,4	0	0,4	0	0	0	0	0	0,4
Camagüey	1,8	18,9	20,7	2,9	10,9	9,3	8,2	31,3	52,0
Las Tunas	0,0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
Holguín	29,3	22,3	51,6	3,4	12,9	10,9	9,6	36,8	88,4
Granma	11,7	12,2	23,9	1,9	7,1	6,0	5,3	20,3	44,2
Santiago de Cuba	58,0	17,3	75,3	2,6	10,0	8,5	7,5	28,6	103,9
Guantánamo	24,4	24,7	49,1	3,8	14,3	12,1	10,7	40,9	90,0
Isla de la Juventud	2,2	6,9	9,1	1,0	4,0	3,4	3,0	11,4	20,5
Cuba	218,3	281,1	499,4	42,8	162,7	138,3	121,8	465,6	965,0

Fuente: GEAM 2007.

La cantidad de biomasa que se obtendrán a partir de los residuos de latifolias disponibles se encuentra en el orden de 209 235,0 t de madera rolliza y leña, y 82 030,0 t de residuos del

monte y la industria, respectivamente, siendo las provincias que mayor aportan Pinar del Río, Matanzas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo (*Tabla 2*).

Tabla 2. Potencial de biomasa disponible de latifolias hasta 2015

Año 2015	Latifolias (Mm³)								
	Madera rolliza y leña			Residuos. del monte y la industria					Total general
Provincias	Raleos	Cortas	Total	Ramas	Aserrín	Costanera	Otros	Total	
Pinar del Río	19,3	9,0	28,3	1,1	4,7	4,9	3,9	14,6	42,9
La Habana	14,6	2,3	16,9	0,3	1,2	1,3	1,0	3,8	20,7
Matanzas	14,4	36,5	50,9	4,4	19,0	20,0	15,8	59,2	110,1
Villa Clara	9,9	0,9	10,8	0,1	0,4	0,5	0,4	1,4	12,2
Cienfuegos	4,2	0,5	4,7	0,1	0,3	0,3	0,2	0,9	5,6
Sancti Spíritus	12,0	0,9	12,9	1,0	0,5	0,5	0,4	2,4	15,3
Ciego de Ávila	2,8	3,2	6,0	0,4	0,7	1,8	1,4	4,3	10,3
Camagüey	2,7	2,0	4,7	0,2	1,7	1,1	0,9	3,9	8,6
Las Tunas	13,4	0,9	14,3	0,1	0,5	0,5	0,4	1,5	15,8
Holguín	61,7	3,5	65,2	0,4	1,8	1,9	1,5	5,6	70,8
Granma	36,2	2,0	38,2	0,2	1,0	1,1	0,9	3,2	41,4
Santiago de Cuba	28,0	5,9	33,9	0,7	3,0	3,2	2,5	9,4	43,3
Guantánamo	23,6	10,0	33,6	1,2	5,1	5,4	4,3	16	49,6
Isla de la Juventud	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	1,5
Cuba	244,3	77,6	321,9	10,2	39,9	42,5	33,6	126,2	448,1

Fuente: GEAM 2007

La gran cantidad de biomasa bruta que se obtiene a partir de los residuos del bosque y de la industria puede ser convertida en combustibles sólidos, en calor o electricidad. La energía obtenida producto de la conversión de la biomasa favorece al desarrollo local, seguridad alimentaria y reduce las emisiones de dióxido de carbono en el futuro.

Teniendo en cuenta el alto volumen de biomasa disponible para 2015, se puede alcanzar valores de energía que satisfagan la demanda de las propias industrias que generan las biomásas, si estos volúmenes se emplearan en las formas propuestas, se obtendrían los resultados siguientes (*Tabla 3*):

Tabla 3. Valoración energética de las biomásas producidas

Tipo de biomasa	Cantidad (t)	Energía (GJ)	Energía eléctrica (MWh)
Biomasa disponible de pino	427 685,0	9 784 821,2	2 718 005,9
Madera rolliza y leña	247 670,0	5 910 898, 4	1 641 916,2
Residuos del monte y la industria	180 015,0	3 873 922, 8	1 076 089,7
Biomasa disponible de latifolias	291 265,0	5 437 917,6	1 5105 32,7
Madera rolliza y leña	209 235,0	3 906 417,5	1 085 116,0
Residuos del monte y la industria	82 030,0	1 531 500,1	425 416,7
Total	1 146 635,0	15 222 738,8	4 228 538,6

Se observa que la cantidad de residuos que se genera por la especie pino se obtiene un potencial de 9 784 821,2 GJ en energía y 2 718 005,9 MWh energía eléctrica, respectivamente, mientras que en latifolia se obtendrán 5 437 917,6 GJ y 1 510 532,7 MWh.

El total de energía que podría ser originada por la biomasa forestal disponible para 2015 es de 4 228 538,6 MWh. No cabe duda de que la biomasa forestal tiene alta potencialidad energética para la producción de electricidad. Estos resultados arrojan que con la potencia producida se

obtendría valor agregado a la madera que sale de los bosques (*Tabla 3*).

Actualmente las biomásas constituyen un residuo que se desperdicia, ya que en algunas ocasiones se incinera, no dándole el valor que

tiene y que van a los basureros o incineradores. En la tabla se presenta el aporte que representarían las biomásas en sustitución del combustible convencional. Se observa que estas podría sustituir 200 564,4 t de *fuel-oil*.

Tabla 4. Conversión de la biomasa en combustible convencional

<i>Tipo de biomasa</i>	<i>Cantidad (t)</i>	<i>C.C. fuel-oil (t)</i>
Biomasa disponible de pino	427 685,0	106 920,7
Madera rolliza y leña	247 670,0	137 080,2
Residuos del monte y la industria	180 015,0	89 840,5
Biomasa disponible de latifolias	291 265,0	93 643,7
Madera rolliza y leña	209 235,0	90 594,1
Residuos del monte y la industria	82 030,0	3049,6
Total	1 146 635,0	200 564,4
Biomasa forestal disponible	273 780,0	19 747,0

Actualmente para la producción de energía en Cuba a partir de la biomasa no cañera se emplea fundamentalmente como leña combustible. Este potencial de biomasa está disponible para la producción de electricidad a través de gasificación o cogeneración.

El potencial de la biomasa forestal general está dado por los volúmenes de los residuos de las talas y de la industria según Plan de Desarrollo hasta 2015 (GEAM, 2007). El conocimiento de la biomasa disponible hasta 2015 permite proyectar inversiones a mediano plazo para lugares de difícil acceso donde la biomasa forestal jugaría un papel importante (*Tabla 5*).

En 2015 se contará con un potencial de biomasa disponible de 456,3 Mm³ que permitiría

al país sustituir una considerable cantidad de combustible fósil (*Tabla 5*), y se observa que las provincias de mayor potencial de biomasa en general son Pinar del Río, Matanzas, Camagüey, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo.

En la *Tabla 5* el volumen de biomasa forestal disponible general permitirá obtener la cantidad de 273 780,0 t (*Tabla 6*), valor muy inferior cuando se analiza las diferentes biomásas producidas por especies. Esto puede llevar a enmascarar el verdadero valor de la potencialidad de la biomasa. De la composición de los residuos forestales se desprende las potencialidades de generar más energía o combustible en término general.

Tabla 5. Disponibilidad de biomasa forestal para 2015

<i>Provincia</i>	<i>Comprometido (Mm³)</i>			<i>Disponible (Mm³)</i>
	<i>Rolliza</i>	<i>Leña</i>	<i>Total</i>	<i>Total</i>
Pinar del Río	78,5	194,8	273,3	213,1
La Habana	8,2	13,5	21,7	2,1
Matanzas	16,6	104,1	120,7	33,4
Villa Clara	7,3	36,7	44,0	11,1
Cienfuegos	3,6	14,0	17,6	4,7
Sancti Spíritus	7,4	18,7	26,1	4,5
Ciego de Ávila	4,5	5,1	9,6	1,1
Camagüey	10,5	34,4	44,9	15,7

Las Tunas	10,1	5,1	15,2	0,6
Holguín	19,6	72,0	91,6	67,7
Granma	9,9	65,5	75,4	10,2
Santiago de Cuba	15,4	93,6	109,0	38,2
Guantánamo	21,1	74,7	95,8	43,8
Isla de la Juventud	4,4	7,5	11,9	10,1
Cuba	217,1	739,7	956,8	456,3

Fuente: GEAM 2007

Tabla 6. Valoración energética de la biomasa forestal disponible

<i>Tipo de biomasa</i>	<i>Cantidad (t)</i>	<i>Energía (GJ)</i>	<i>Energía eléctrica (MWh)</i>
Biomasa forestal disponible	273 780,0	5 163 490,8	1 434 303,0

La biomasa disponible en general podrá sustituir 5 163 490, 8 t de *fuel oil* (Tabla 6) comparada con la potencialidad de las especies pino y eucalipto.

CONCLUSIONES

- Se dispone de 456,3 (Mm³) de biomasa forestal hasta 2015, que producirá 5 163 490,8 GJ para producir energía y 1 434 303,0 MWh de electricidad.
- El total de energía que podría ser originada por la biomasa forestal disponible de las especies de pino y eucalipto es de 15 222 738,8 GJ y 4 228 538,6 MWh/año, respectivamente.
- Las biomásas evaluadas de pino y eucalipto pueden sustituir 200 564,4 t de *fuel-oil*, mientras que la disponible en general 19 747,0 t.

BIBLIOGRAFÍA

- Espinosa Aréchiga, J., et al. 1989. Evaluación de plantaciones de *Acacia retinoides* SCHLEHT con fines de producción leña combustible. Primera Reunión Nacional sobre Dendroenergía. (1:1989: Chapingo, 8-9 Noviembre, México) Memorias. México. División Ciencias Forestales. 440 p. ISBN: 968-884-135-8
- FAO. 2004. Terminología Unificada sobre Bioenergía (TUB). Terminología de dendrocombustibles sólidos. Italia. Departamento Forestal de la FAO Dendroenergía. 58 p.

Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM). 2007. Programa de Desarrollo Forestal del 2010 - 2015. La Habana. GEAM. 50 p.

Guyat Dupuy, M.A. 2002. Estudio de dos parámetros en la producción de carbón vegetal a escala de banco. 67 h. Tesis (en opción a título de Máster en Análisis y Control de Procesos)-- Instituto Superior Politécnico.

Mesa, G. 2010. La caña de azúcar, Oportunidades y amenazas. [en línea] febrero 2011 Disponible en: <http://www.Cubaenergia.cu> [Consulta: 20 febrero de 2011].

Soto Sandoval, J.A., Aguirre, J.A., Méndez, J., Páez, G. 2000. Evaluación económica y ambiental de residuos forestales en aserraderos de Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana (CR) (30): 29-33, abril-junio.

Suárez Rodríguez, J.A., Beatón Soler, P.A. 2007. Estado y perspectiva de las energías renovables en Cuba. Tecnología Química (CU) XXVII (3):35-41 [en línea] abril 2010 Disponible: <http://www.medioambiente.cu> [Consulta: 12 de abril de 2010]

Schroeler, T.Y., Hwan O. Ma. 2007. El papel de la madera como fuente energética del futuro.

Conferencia Internacional sobre Dendroenergía. OIMT. Actualidad Forestal Tropical (JP) 15(2): 24-25 ISSN: 1022-632 X

Schroeder, P., Tetra Yanuariadi, Hwan Ok Ma. 2008. El uso de la Dendroenergía. Actualidad Forestal Tropical (JP) 16 (3):12-15.

Rivas Castillo, D.C. 2015. Diagnóstico de la Cadena Productiva de carbón vegetal en la Provincia Pinar del Río. 62 h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal). Universidad de Pinar del Río.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: María Antonia Guyat Dupuy

Ingeniera Química, Máster en Análisis de Procesos, miembro del Grupo de Productos Forestales del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, ha desarrollado su actividad investigativa en el campo de la Química de la Madera, Productos Naturales y Bioactivos, Bioenergía, Productos Forestales No Maderables y Calidad en Tecnologías y Aprovechamientos de la Madera. Ha impartido cursos, conferencias y entrenamientos. Dirigió proyectos nacionales de energía. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes en la producción. Obtuvo Logro Estatal 1985 y 1986, participante del Premio Nobel sobre el Cambio Climático otorgado por el IPCC.