

POTENCIALIDADES DE LA BIOMASA DE LA ESPECIE *DICHOSTACHYS CINEREA* (L.) WIGHT ET ARM. (MARABÚ) PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD. ESTUDIO DE CASO

POTENTIALITIES OF THE BIOMASS OF THE SPECIES *DICHOSTACHYS CINEREA* (L.) WIGHT ET ARM. (MARABÚ) FOR THE GENERATION OF ELECTRICITY. CASE STUDY

M.Sc. LIZEYDA PAREDES-MOREJÓN¹ E ING. ROLANDO PADRÓN-PÉREZ¹

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB de Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, lizeyda@forestales.co.cu

RESUMEN

La especie *Dichostachys cinerea* (L.) Wight et Arm. (marabú) en Cuba ha causado grandes daños, inhabilitando cuantiosas hectáreas de suelo agrícolas, por ser una planta invasora, espinosa, que dificulta su cosecha manualmente; se han reconocido y estudiado sus bondades, ya que mejora los suelos fijando nitrógeno e incorporando abundante materia orgánica en ellos. El Instituto de Investigaciones Agro-Forestales ha realizado diferentes estudios sobre las propiedades físico-mecánicas y químicas de su madera, arrojando una alta densidad y elevado poder calórico, elementos que permiten considerar este arbusto dentro de las especies de potencial de biomasa para la producción de energía. Este estudio tiene como objetivo evaluar las potencialidades de la biomasa del marabú para la generación de electricidad en la UEB Central Azucarero Ignacio Agramonte. A partir de 205,13 t de esta biomasa, fueron sustituidas 162,05 t de fuel oil, lo que le ahorró al país el equivalente a 64 758,42 dólares.

Palabras claves: Biomasa, generación de electricidad, producción de energía y marabú.

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de la biomasa en energía, transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuales son más convenientes y eficientes. (Urbáez *et al.*, 2007). Estudios recientes han estimado que la biomasa podría suministrar alrededor de un quinto de la energía eléctrica y dos quintos del uso directo

ABSTRACT

The species *Dichostachys cinerea* (L.) Wight et Arm. (marabú) in Cuba has caused great damage by disabling large acres of agricultural land, for being an invasive, thorny plant that hinders its harvesting manually, its benefits have been recognized and studied since it improves the soil by fixing nitrogen and incorporating abundant organic matter in them. The Institute of Agro-Forestry Research has carried out different studies on the physical-mechanical and chemical properties of its wood, yielding a high density and high caloric power, elements that allow to consider this shrub within the species of biomass potential for the production of Energy. The objective of this study is to evaluate the potentialities of the marabou biomass for the generation of electricity in the UEB Central Azucarero Ignacio Agramonte, from 205.13 t of this biomass, 162.05 tons of fuel oil were substituted. saved the country the equivalent of 64 758.42 USD.

Key words: Biomass, generation of electricity, production of energy, marabú.

de combustibles para 2050, principalmente en los países en desarrollo (FAO, 1997; Schroeler *et al.*, 2007, Schroeler *et al.*, 2009; y Guyat *et al.*, 2014).

Las fuentes de biomasa que pueden ser usadas para la producción de energía cubren un amplio rango de materiales y fuentes. Los residuos de la industria forestal y la acuicultura, los desechos urbanos y las plantaciones energéticas se usan

generalmente para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran escala, enfocados hacia la sustitución de los combustibles fósiles (Urbáez *et al.*, 2007).

La especie *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arm.) fue introducida en Cuba como planta ornamental procedente de África del Sur y naturalizada en toda la isla; es un arbusto que alcanza más de 5 m de altura, se desarrolla en suelos ligeros, arenosos y ácidos, siguiendo a una distribución de la vegetación natural (Bisse, 1988). Este arbusto espinoso, cuyo tronco puede adquirir diámetros mayores de 12 cm, presenta una madera de preciadas características estéticas y funcionales que puede emplearse para diferentes usos (Guyat *et al.*, 2015). Es considerada indeseable por la afectación que ha provocado a objetivos económicos específicos, fundamentalmente agropecuarios. La existencia de esta especie leñosa en los campos cubanos se hacía sentir pesadamente a principios del pasado siglo, ya que según datos estadísticos, en 1932 había cubierto 33 000 caballerías, y en 1960 la cifra se había duplicado, tal como informa Acuña, referido por Ibáñez *et al.* (2000) y Manzanares *et al.* (2008).

El uso de la biomasa obtenida a partir de arbustos de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight et Arm. (marabú) significará el control y eliminación de una especie foránea invasiva, que ha inhabilitado más de 1,5 millones de hectáreas de suelos agrícolas por más de un siglo, a lo largo y ancho de nuestro país. Este hecho permite valorizar su uso, liberar tierras para la plantación de otras especies energéticas, bosques ambientales, además de la producción de alimentos.

El presente estudio se rige por los principios de la Revolución Energética en Cuba, donde se prioriza el uso de las energías renovables, y en especial aquellas con grandes potencialidades como la biomasa, combustible verde y fuente de tecnología limpia que reduce la necesidad de importación de combustibles fósiles.

Este estudio de caso es uno de los que desarrolló el proyecto Biomasa Marabú, contribuyendo de esta manera al aprovechamiento de la biomasa de esta especie invasora mediante dos esquemas tecnológicos, uno semimecanizado y otro mecanizado. En este caso los resultados obtenidos corresponden al primero, el cual consta de una

cadena productiva compuesta por motosierras, astilladora, grúa y camión para la transportación de esta materia prima hasta el central.

El objetivo del trabajo es valorar las potencialidades de la biomasa de la especie *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight et Arm. (marabú) para la generación de electricidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizan las propiedades físico-mecánicas y químicas de la especie *Dichrostachys cinerea* determinadas por el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (Manzanares *et al.*, 2008) a fin de valorar sus cualidades como especie energética y fundamentar su utilización para la producción de energía.

Área de estudio

La UEB Central Azucarero Ignacio Agramonte se encuentra en el municipio de Florida, al centro sur de la provincia de Camagüey. La entidad es administrada por el Grupo Azucarero AZCUBA y cuenta con dos áreas fundamentales de producción: azúcar refinado y otros productos como sorbitol, fructuosa, mieles, sirope saborizado y agua desmineralizada, además de energía eléctrica y subproductos como cachaza y bagazo. Esta producción consume en su proceso bagazo y combustible fósil, este último en mayor cuantía durante el período fuera de zafra.

El uso de combustible fósil genera costos y contaminación, además de los problemas de aseguramiento del mismo. De ahí que la búsqueda de combustibles alternativos sea de importancia para la entidad.

A partir de 2013 se incorpora como estudio de caso piloto al Proyecto Biomasa Marabú, liderado por la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF) con el objetivo de emplear la biomasa de marabú como combustible en su proceso productivo.

Para el desarrollo del trabajo se ejecutó una etapa de gabinete (organización) y otra de campo, para la cual se constituyeron cuatro brigadas de seis miembros cada una, definiéndose las operaciones fundamentales a realizar (limpieza de área, corte y troceado con motosierra, carga y apilado manual en acopiadero temporal y carga para el camión, y por último pesaje del

camión en la báscula del central), seleccionándose áreas de marabú con diámetros de más de 10 cm para su aprovechamiento.

Las actividades a realizar incluyeron la limpieza del área con desbrozadora manual de combustión interna, el corte (motosierra) de marabú y troceado de los troncos, el apilado manual de

los troncos y ramas gruesas, y el cargue de la biomasa y descargue en el acopiadero temporal establecido próximo al área de aprovechamiento, trasladándose posteriormente en un camión con vikingo hacia el central, donde se pesó en la báscula para conocer el tonelaje de biomasa entregada (Fig. 1).



Figura 1. Acopiadero, cargue manual para el camión y pesaje del camión en la báscula.

La biomasa se astilló con una astilladora fija y se vertió en el transportador de banda a través del cual se traslada hasta las calderas del área

termoenergética del central para la producción de energía (Fig. 2).



Figura 2. Astilladora fija, biomasa de marabú en forma de astilla y transporte de la biomasa hasta las calderas.

A partir del volumen de biomasa de marabú entregado al central, se calculó la energía producida por él para su consumo en el proceso productivo, así como la entregada a la red nacional, además se valoraron otros beneficios. Todos estos datos fueron aportados por los directivos de la UEB Central Azucarero Ignacio Agramonte.

Refieren lo siguiente:

1 t de *fuel oil* genera la energía que produce 5 t de azúcar refino.

1 t de biomasa de marabú genera la energía que produce 3,96 t de azúcar refino.

1 t de biomasa de marabú produce 588,24 kWh y entrega a la OBE 163,11 kWh.

1 t de combustible fósil (junio de 2015) le cuesta al país 505,85 USD y 594,00 CUP.

La relación de sustitución de importación de *fuel oil* por biomasa de marabú sería $3,96 \text{ t} / 5 \text{ t} = 0,79 \text{ t}$

Para la producción de refino

Si se utiliza 0,79 t de marabú x 505,85 USD = 399,62 USD/t, o sea por cada tonelada de biomasa de marabú usada en la producción de refino se sustituyen 399,62 USD.

Demanda de biomasa del central 156 t/día.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los estudios realizados por Manzanares *et al.* (2008) la *Tabla 1* muestra los valores determinados para la especie que la clasifican como de alta densidad, muy dura, pesada y resistente, aspectos que favorecen sus cualidades como

especie energética, además de otras características químicas como su alto poder calórico, porcentaje de lignina, celulosa y extractivos en agua que la convierten en una excelente portadora energética.

En el caso del contenido calórico por unidad de masa, es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa y está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química del material (Urbáez *et al* 2007).

Tabla 1. Propiedades físico-mecánicas y características químicas del marabú valoradas

Propiedades físico-mecánicas					
Propiedades		U/M	Valor medio	Clasificación	
Densidad 15 % de humedad		g/cm ³	1,11	Muy pesada	
Dureza janka		kg	1000	Muy dura	
Propiedades químicas					
Propiedades	Poder calórico (kcal/kg)	Extractivos en agua (%)	Extractivos en agua caliente (%)	Lignina (%)	Celulosa (%)
	4654	12,49	13,49	33,27	47,99

Fuente: Manzanares *et al.* (2008).

Otros estudios realizados por Guyat *et al.* (2015) expresan que la especie se encuentra entre las principales especies energéticas del país por su alto poder calórico, seguido del *Conocarpus erecta* (yana), la *Casuarina equisetifolia* Forst, *Acacia mangium*, *Eucalyptus* sp., etc.

Energía producida

A partir de las 205,13 t entregadas al central de biomasa de marabú fueron utilizadas para la producción de energía.

Se generaron con la biomasa 120 665,67 kWh. De la energía producida, una parte fue utilizada por el pro-

pio central en su proceso productivo (87 206,92 kWh, que representa el 73 %), y otra parte fue entregada a la red nacional (33 458,75 kWh). Como se observa, el mayor porcentaje de la energía producida es utilizada por el propio central, lo cual implica la sustitución del combustible fósil y menor demanda del mismo por este concepto. Se produjeron 813 t de azúcar refino.

En el caso de la sustitución del *fuel oil* por el uso de la biomasa, se generó un ahorro de 162,05 t de este combustible, lo que económicamente representa un ahorro de 96 257,70 CUP y 64 758,42 USD.

Tabla 2. Efecto económico del uso de la biomasa de marabú como combustible respecto al combustible fósil (*fuel oil*)

Días	Entrega al central de toneladas de biomasa	kWh producido	kWh entregado al SEN	t de azúcar refino	t de combustible fósil sustituido	Ahorro por sust. de comb. fósil (USD)
-	205,13	120 665,67	33 458,75	813,00	162,05	64 758,42
7	1 092,00	642 358,08	178 116,12	4324,32	862,68	344 744,18
30	4 680,00	2 752 963,20	763 354,80	18 532,80	3 697,20	1 477 475,06
180	28 080,00	16 517 779,20	4 580 128,80	111 196,80	22 183,20	8 864 850,38

Como se puede apreciar en los resultados (Tabla 2), muestran el comportamiento de varios parámetros a partir de la demanda diaria del central (156 t de biomasa), el ahorro de combustible fósil (*fuel oil*) que genera al país, por sustitución, la energía consumida en su proceso productivo, así como la entregada al SEN, a los 7, 30 y 180 días de trabajo en el central.

Valoración de beneficios

El empleo de la biomasa de marabú en la producción de energía permite además el abaratamiento de la producción de azúcar refinado y sus derivados (sorbitol y fructuosa), así como el pago adicional (162,40 CUP) a los 52 obreros vinculados al área termoenergética del central.

Otro beneficio del uso de la biomasa de marabú como combustible es que por cada MW entregado al SEN se dejan de emitir 0,75 t de CO₂ a la atmósfera. La Unión Europea bonifica estas fuentes de energías renovables a 10 euros la tonelada.

Ejemplo: 4 580,13 MW x 0,75 t de CO₂ = 3435,10 MW/t de CO₂ x 10 euros = 34 351,00 euros, que obtendría la Empresa Azucarera de Camagüey.

El estudio de caso piloto de la UEB Central Azucarero Ignacio Agramonte muestra en sus resultados preliminares la factibilidad y capacidad de la industria azucarera para la generación de electricidad más allá del período de zafra, a partir del suministro de biomasa no cañeras; además le permite obtener otros beneficios dentro de su proceso industrial.

El estudio sirve de base referencial para futuras proyecciones de bioeléctricas que tiene el país a corto, mediano y largo plazo, y la posibilidad de utilización también de la biomasa de marabú como combustible en sustitución y/o adición a la biomasa cañera y el combustible fósil (*fuel oil*).

El aprovechamiento del marabú de las distintas áreas permite productivamente la liberación de los suelos de esta maleza indeseable, reconvirtiendo los mismos en plantaciones energéticas con especies seleccionadas de rápido crecimiento y alto poder calórico que garanticen volúmenes medios anuales de incremento de biomasa superior a los del marabú, lo que proporciona en un futuro el suministro continuo y permanente de un combustible alternativo para la producción de energía.

CONCLUSIONES

- Con este caso de estudio se demuestra las potencialidades de la biomasa de marabú para su uso como combustible alternativo en las calderas de los centrales azucareros para la generación de electricidad.
- Con el suministro de este combustible renovable se logra la sustitución de 162,05 t combustible fósil (*fuel oil*) para su propio proceso productivo, se obtienen otros derivados y se entrega electricidad a la red nacional (33 458,75 kWh), sustituyendo importaciones equivalentes a un ahorro de 64 758,42 USD.
- El uso de este combustible alternativo ha beneficiado de manera muy positiva, logrando un mayor abaratamiento en los costos de sus procesos productivos y la producción de otros derivados, así como la estimulación económica (CUP) a los obreros vinculados al área termoenergética de la UEB Central Azucarero Ignacio Agramonte.
- El empleo de materiales lignocelulósicos en la generación de electricidad en sustitución de combustibles fósiles pudiera constituir una contribución al cumplimiento de las obligaciones de Cuba con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

BIBLIOGRAFÍA

- Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. Ciudad de La Habana. Editorial Científico-Técnica. 384 p.
- FAO. 1997. Reunión Regional sobre Biomasa para la Producción de Energía y Alimentos. Informes de Países. Ciudad de La Habana. FAO. 150 p.
- Guyat, M.A. et al. 2015. Características de *Dichrostachys cinerea* (L) Wight et arm. (marabú) para la producción de energía. VI Convención Agro-Forestal. La Habana. ISBN 978-959-7215-20-2
- Guyat, M.A. et al. 2014. Producción de energía a partir de la biomasa forestal. VIII Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales (SIMFOR 2014) ISBN 978-959-16-2299-0.
- Informe junio 2015. Presentado por Ing Ariam Echemendía Chávez sobre Resultados preliminares de la biomasa de Marabú suministrada en una primera fase a la UEB Central Azucarero Ignacio Agramonte. (Inédito).
- Manzanares, K. et al. 2008. Caracterización y alternativas de uso de la especie *Dichrostachys cinerea* (L) wight et arm. (marabú) Revista Forestal Baracoa (CU) 27(1): 3-12, junio.

Proyecto de Generación eléctrica a partir del empleo de marabú. 2013. Central azucarero Carlos Manuel de Céspedes. Empresa Azucarera Camaguey. (Inédito).

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.

Schroeler, T.Y., Hwan O. Ma. 2009. El uso de la Dendroenergía. OIMT. Actualidad Forestal Tropical (JP) 16(3): 5 -13

Urbáez, C.L., Carballo, L., Arteaga, Y., Márquez, F. 2007. Biomasa: alternativa sustentable para la producción de Biogás [en línea] Dpto. Química. Universidad de Pinar del Río. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa2.shtml#ixzz3aDogajDn>

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Lizeyda Paredes Morejón

Máster en Ciencias Forestales con 23 años de experiencia, con más de 20 artículos científicos en los temas de genética, mejoramiento, introducción de especies y prueba de procedencias, recursos fitogenéticos, conservación de los recursos genéticos, proyectos relacionados con la avicultura y el ganado mayor, aceites esenciales, semillas forestales y biocombustibles, dirigiendo un proyecto nacional de obtención de aceite de *Jatropha curcas*, además de formar parte de un proyecto internacional de biomasa marabú para la generación de electricidad a partir de esta especie y otras con potencial energético. Actualmente trabaja en un proyecto nacional con especies energéticas para dar respuesta a las demandas de consumo de combustible de biomasa forestal por las bioeléctricas proyectadas en aras de cambiar la matriz energética del país.