

PLANTACIONES ENERGÉTICAS PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE EN LAS BIOELÉCTRICAS PROYECTADAS EN CUBA

ENERGY PLANTATIONS FOR USE AS FUEL IN BIOELECTRIC PLANTS PROJECTED IN CUBA

M.Sc. LIZEYDA PAREDES-MOREJÓN Y ESP. ROLANDO PADRÓN-PÉREZ

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

El uso de la biomasa como fuente de energía se ha incrementado en los últimos años buscando reducir la dependencia de los combustibles fósiles y proporciona un combustible más homogéneo, de calidad y respetuoso con el medio ambiente. Cuba se ha trazado como meta la proyección de 25 bioeléctricas asociadas a igual cantidad de industrias azucareras para que estas puedan trabajar con biomasa cañera y no cañera durante 10 meses de manera ininterrumpida, siendo necesario establecer plantaciones energéticas en los territorios seleccionados, para de forma sostenida responder a la demanda de cada bioeléctrica según su capacidad de generación. Este trabajo se traza como objetivo determinar cuántas hectáreas de bosques energéticos se deben disponer de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Eucalyptus saligna* Smith para garantizar la sostenibilidad de la biomasa (combustible) a las 25 bioeléctricas en proyección, obteniendo como resultado que se necesitarán establecer un total de 39 150 ha.

Palabras claves: biomasa, energía, combustibles fósiles, bioeléctrica.

INTRODUCCIÓN

La Agroenergética es una nueva faceta de la agricultura en la que se contempla la utilización de cultivos específicos (cultivos energéticos) para la producción de biomasa destinada a la producción de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos. En la actualidad el desarrollo de cultivos energéticos es una necesidad, ya que es la única forma posible de producir biomasa de forma abundante y controlada, en cuanto a producción y costo, y en una cuantía potencial muy superior a la que puede ofrecer la biomasa residual (Cuadros, 2014)

ABSTRACT

In the last years the use of biomass as energy resource to reduced dependent from fossil combustible with more quality and stable availability as well as compatible with the environment according to resource planning has increased. In this way our country has traced a goal to project and install 25 bioelectric plants associate to equal amount of sugar mills in order to work sustainable with or without biomass from sugar cane during ten months, been necessary to establishes energetic forest plantations in selected area in order to respond to the demand of generation capacity from each bioelectric plant. The main objective of this paper is to determine how much hectares of energetic forest of *Eucalyptus pellita* F. Muell. and *Eucalyptus saligna* Smith are needed as biomass combustible to guaranty the operation of 25 bioelectric plants projected. The result indicated that are necessary a total of 39 150 ha.

Key word: biomass, energy, combustible fossils, bioelectric.

La biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas. Por otro lado, el carácter renovable, no contaminante, el papel que juega en el momento de generar empleo y activar la economía de algunas zonas rurales hacen de la biomasa una clara opción de futuro.

Cabe destacar que, desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de la biomasa no contribuye al aumento de los gases

de efecto invernadero, dado que el balance de emisiones de CO₂ a la atmósfera es neutro.

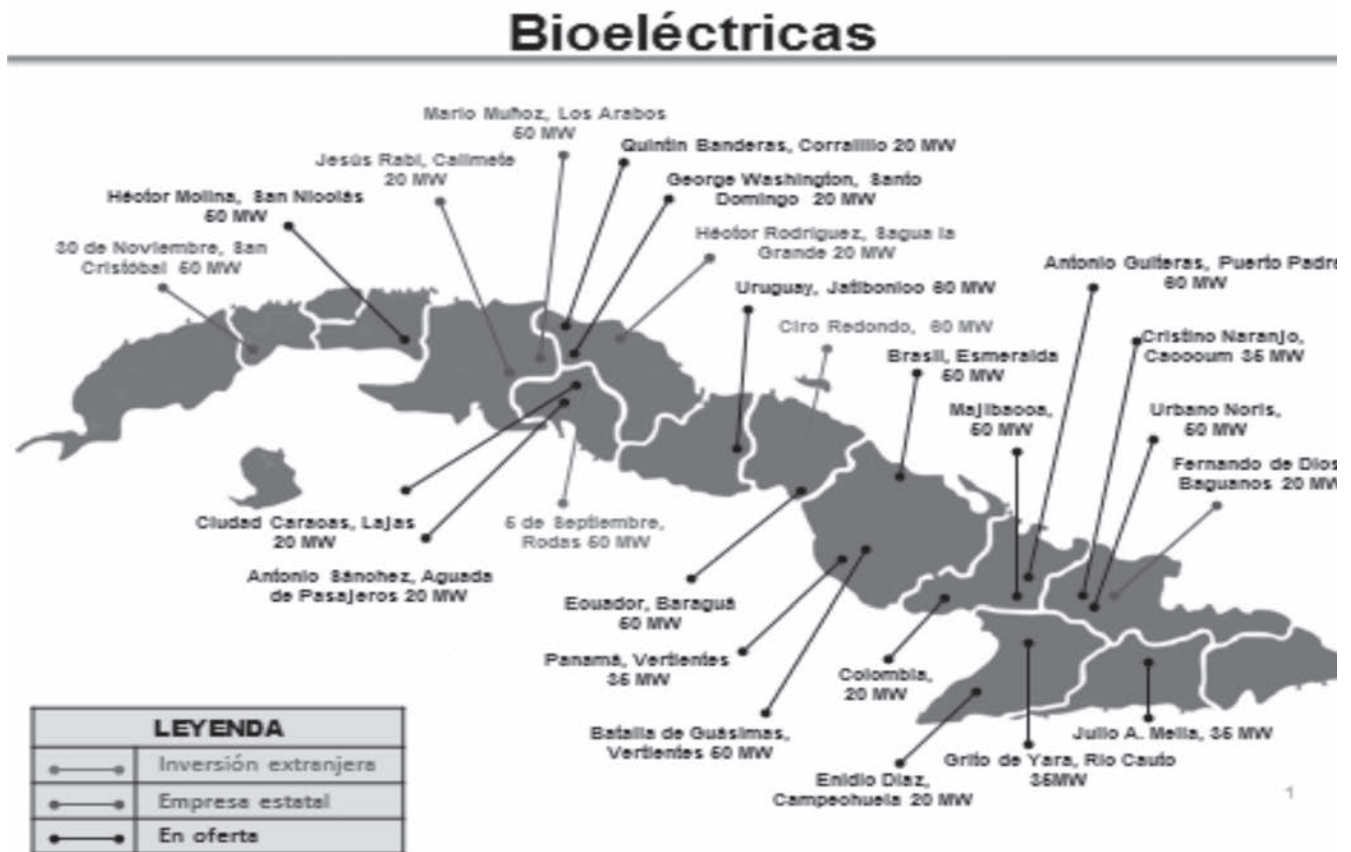
En efecto, el CO₂ generado en la combustión de la biomasa es reabsorbido mediante la fotosíntesis en el crecimiento de las plantas necesarias para su producción y, por lo tanto, no aumenta la cantidad de CO₂ presente en la atmósfera. Al contrario, en el caso de los combustibles fósiles, el carbono que se libera a la atmósfera es el que está en la tierra desde hace millones de años (Energías Renovables, 2008).

Cuba ha encaminado sus esfuerzos hacia las energías renovables en busca de utilizar nuevas tecnologías que ayuden a la sustitución de los

combustibles fósiles y además estén a tono con el medio ambiente. Es por ello que este trabajo tiene como objetivo determinar cuántas hectáreas de bosques energéticos se deben disponer de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Eucalyptus saligna* Smith para garantizar la sostenibilidad de la biomasa como combustible a las 25 bioeléctricas en proyección.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo tendrá lugar en 12 provincias, como refleja la Fig., donde se prevé instalar 25 bioeléctricas, las cuales entraran en funcionamiento a corto, mediano y largo plazo. Según datos de Irola (2017).



Las especies propuestas son *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Eucalyptus saligna* Smith, atendiendo a sus poderes calóricos, características químicas (porcentaje de lignina), de rápido crecimiento y manejo por rebrote.

El marco de plantación que se propone es 3 m x 2 m, equivalente a 1666 plantas/ha. Según Cuadros (2014), son las recomendadas para estos fines. No obstante, este dependerá de la

cadena tecnológica de cosecha y aprovechamiento que se defina para las áreas vinculadas a cada bioeléctrica.

Tendrían tres rotaciones de acuerdo a su turno de aprovechamiento, manejando su poder de rebrote; después de la tercera rotación, será necesario realizar nuevas plantaciones, aspecto que se debe tener en cuenta (empresas forestales) en las inversiones y plan de la economía.

Tabla 1. Bioeléctricas a instalar asociadas a los centrales azucareros y su capacidad de generación, fecha de inicio de la inversión y puesta en marcha

No.	Centrales	Capacidad de generación	Inicio (año)	Marcha (año)
1	C. Redondo	60 MW	2016	2019
2	Jesús Rabi	20 MW	2016	2019
3	H. Rodriguez	20 MW	2016	2019
4	Uruguay	60 MW	2017	2020
5	30 de Noviembre	67 bar / 40 MW 87 bar / 50 MW	2017	2020
6	Mario Muñoz	67 bar / 40 MW 87 bar / 50 MW	2018	2021
7	Brasil	67 bar / 30 MW 87 bar / 35 MW	2018	2021
8	Caracas	20 MW	2018	2021
9	Cristino Naranjo	67 bar / 30 MW 87 bar / 35 MW	2018	2021
10	Batalla de las Guásimas	67 bar / 40 MW 87 bar / 50 MW	2019	2022
11	Quintín Bandera	20 MW	2019	2022
12	Fernando de Dios	20 MW	2019	2022
13	Antonio Guiteras	67 bar / 60 MW* 87 bar / 65MW*	2019	2022
14	Ecuador	67 bar / 40 MW 87 bar / 50 MW	2020	2023
15	5 de Septiembre	67 bar / 30 MW* 87 bar / 35MW*	2020	2023
16	George Washington	20 MW	2021	2024
17	Grito de Yara	67 bar / 30 MW 87 bar / 35 MW	2021	2024
18	Antonio Sánchez	20 MW	2021	2024
19	Colombia	20 MW	2022	2025
20	Panamá	67 bar / 30 MW 87 bar / 35 MW	2022	2025
21	Enidio Díaz	20 MW	2022	2025
22	Héctor Molina	67 bar / 40 MW 87 bar / 50 MW	2023	2026
23	Julio A. Mella	67 bar / 30 MW 87 bar / 35 MW	2023	2026
24	Urbano Noris	67 bar / 40 MW 87 bar / 50 MW	2024	2027
25	Majibacoa	67 bar / 30 MW* 87 bar / 35 MW*	2024	2027

Fuente: Irola, 2017.

Para ello se determinará la cantidad de hectáreas necesarias a plantar a partir de la información obtenida (Irola, 2017), de las capacidades de cada bioeléctrica, demandas

diarias y hasta 150 días de trabajo al año (Tabla 2), según densidad Guyat y Capote, (2015) e incremento medio anual de la especie (MINAG, 1985).

Tabla 2. Demanda de biomasa forestal para la alimentación diaria y para 150 días que debe trabajar cada bioeléctrica al año

No.	Provincia	Nombre actual	Capacidad a instalar (MW)	Demanda diaria (t)	Demanda 150 días(t)
1	Artemisa	30 de Noviembre	50	456	68 400
2	Mayabeque	Héctor Molina	50	900	135 000
3	Matanzas	Mario Muñoz	50	900	135 000
4		Jesús Rabí	20	432	64 800
5	Cienfuegos	5 de Septiembre	50	624	93 600
6		Ciudad Caracas	20	432	64 800
7		Antonio Sánchez	20	432	64 800
8	Villa Clara	Quintín Bandera	20	432	64 800
9		Héctor Rodríguez	20	432	64 800
10		George Washington	20	432	64 800
11	Sancti Spiritus	Uruguay	60	504	75 600
12	Ciego de Ávila	Ecuador	50	900	135 000
13		Ciro Redondo	60	900	135 000
14	Camagüey	Batalla de las Guásimas	50	900	135000
15		Brasil	50	624	93 600
16		Panamá	35	624	93 600
17	Las Tunas	Majibacoa	50	624	93 600
18		Antonio Guiteras	60	504	75 600
19		Colombia	20	456	68 400
20	Holguín	Cristino Naranjo	35	624	93 600
21		Urbano Noris	50	900	135 000
22		Fernando de Dios	20	456	68 400
23	Granma	Grito de Yara	35	624	93 600
24		Enidio Díaz	20	432	648 000
25	Santiago de Cuba	Julio A. Mella	35	624	93 600

Fuente: Irola (2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estas bioeléctricas trabajarán con biomasa de marabú en su primera etapa. Para ello es necesario realizar el inventario que permitirá conocer la superficie, cuantificación real, y por ende disponibilidad de esta biomasa para abastecer según la demanda de cada una.

Para dar continuidad al suministro de combustible (biomasa forestal) a estas bioeléctricas se proponen la especies de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Eucalyptus saligna* Smith, considerando que la densidad de estas especies está en el orden de $640 \text{ kg/m}^3 \approx 0,640 \text{ t/m}^3$ y poder calórico 4542 y 4754 kcal/kg, respectivamente, determinados por Guyat y Capote (2015), lo que

la hacen adecuadas para su uso con fines energéticos y conociendo que el género *Eucalyptus* es de rápido crecimiento con un incremento medio anual de 15 m³/ha/año (MINAG, 1985).

El aprovechamiento de estas plantaciones a los 8 años \times 15 m³/ha = 120 m³/ha \times 0,640 t/m³/ha, se obtendrían 76,8 t/ha.

Los turnos de aprovechamiento recomendados, según Cuadros (2014), se encuentran entre 8 y 10 años de edad, que es cuando la biomasa de esta especie adquiere las condiciones idóneas para su aprovechamiento, atendiendo a una de sus principales características químicas, como es el porcentaje de lignina.

Autores como García *et al.* (2004) plantean que estudios realizados a *Eucalyptus saligna* Smith a los 20 y 22 años de edad, el porcentaje de lignina (24,5 y 28,5 %) no se comportaba de manera homogénea arrojando diferentes porcentajes con la altura del árbol, correspondiendo el mayor porcentaje de lignina extraída a la madera más joven y menos lignificada que se encuentra en la parte superior del árbol, lo que no quiere decir que la masa de lignina aumente con la altura, pero la zona más baja siempre va a estar más lignificada. Pereira y Sardinhas (1984) plantean en sus estudios que estas variaciones de la especie pueden deberse a las características anatómicas de las fibras de esta madera.

Otros autores plantean que el porcentaje de lignina varía según las condiciones climáticas, sus características genéticas y la morfología y/o anatomía de la fibra (Ona, 1995; Ona, 1997; Wu *et al.*, 1992; Fukushima *et al.*, 1994, citado por Orea *et al.*, 2004).

Estudios realizados por Guyat y Capote (2015) determinaron el porcentaje de lignina para estas especies de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Eucalyptus saligna* Smith entre 12 y 14 años de edad, arrojando 27,7 y 33,0 %, respectivamente, considerando un alto porcentaje de este producto extractivo para ambas especies, lo cual corrobora los resultados de los autores antes mencionados y nos reafirma sus cualidades idóneas para su uso con fines energéticos.

Las bioeléctricas trabajarán con biomasa forestal durante 150 días al año, el resto del tiempo

lo harán con biomasa cañera. A continuación se mostrará la cantidad de hectáreas necesarias a plantar para alimentar a cada una de ellas, según su capacidad y demanda desde 1 a 150 días a una distancia de un radio hasta 50 km alrededor de la bioeléctrica, en aras de reducir los costos de transportación (Cuadros, 2014).

Otros factores relevantes que las empresas forestales deben tener presente es lo referido a la productividad que influye en la cadena productiva.

En el caso del transporte se hace necesario considerar lo siguiente: tipo de vehículo, comprado/alquilado, distancia en kilómetros, capacidad de carga (m³/viaje, t/viaje), tiempos de carga/descarga, situación de las infraestructuras viales (que afecta la velocidad km/h) (Cuadros, 2014).

Atendiendo a los resultados de la *Tabla 3*, se observa que será necesario talar 30 114 ha netas anualmente con turnos de aprovechamiento a los ocho años.

Teniendo en cuenta que estas plantaciones se manejarán por rebrote, permitiendo tres rotaciones (ocho años cada una) con rendimientos eficientes, demuestra que el ciclo total es de 24 años, evitando en este lapso de tiempo inversiones de nuevas plantaciones a las empresas forestales.

No obstante, sí deben considerar la fecha de inicio y puesta en marcha de cada bioeléctrica, para establecer los bosques energéticos con estas especies y que ya estén listos para ser aprovechados por estas una vez agotado el marabú, que será el combustible en una primera etapa. Para ello serán necesario plantar un total de 39 150 ha de estas especies en lugares aledaños a las 25 bioeléctricas.

Para poder dar cumplimiento a este programa, el Grupo Empresarial Agro-Forestal ha elaborado la ficha de costo por hectárea para estas plantaciones energéticas con turnos de aprovechamiento cada ocho años, la que asciende a un monto de 11 599,8 CUP, y de ello en CUC 722,59 (MINAG, 2018), por lo que el país tendrá que disponer de un presupuesto total de 454 132 170 CUP, y de ello 28 289 398,50 CUC.

Tabla 3. Cantidad de hectáreas necesarias para el suministro de la biomasa como combustible a las bioeléctricas

Nombre del central	Demanda diaria (t)	Superficie a talar diarias (ha)	Superficie a talar en 150 días (ha)	+ 30 % por afectación (ha)
30 de Noviembre	456	6	900	1170
Héctor Molina	900	12	1800	2340
Mario Muñoz	900	12	1800	2340
Jesús Rabí	432	6	900	1170
5 de Septiembre	624	8	1219	1585
Ciudad Caracas	432	6	900	1170
Antonio Sánchez	432	6	900	1170
Quintín Bandera	432	6	900	1170
Héctor Rodríguez	432	6	900	1170
George Washington	432	6	900	1170
Uruguay	504	7	1050	1365
Ecuador	900	12	1800	2340
Ciro Redondo	900	12	1800	2340
Batalla de las Guásimas	900	12	1800	2340
Brasil	624	8	1219	1585
Panamá	624	8	1219	1585
Majibacoa	624	8	1219	1585
Antonio Guiteras	504	7	1050	1365
Colombia	456	6	900	1170
Cristino Naranjo	624	8	1219	1585
Urbano Noris	900	12	1800	1685
Fernando de Dios	456	6	900	1170
Grito de Yara	456	6	900	1170
Enidio Díaz	432	6	900	1170
Julio Antonio Mella	624	8	1219	1585
Total	15 000	200	30 114	39 150

CONCLUSIONES

- Para satisfacer la demanda de las 25 bioeléctricas se necesitan plantar un total de 39 150 ha de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Eucalyptus saligna* Smith en todo el país.
- Estas plantaciones deben realizarse teniendo en cuenta la fecha del agotamiento de la biomasa de marabú comprometido para cada bioeléctrica.
- Con la ejecución del programa de construcción y puesta en marcha de estas 25 bioeléctricas, en 2027 se contará con un total de 950 MW de potencia instalado, ampliando así la matriz energética del país con el uso de la biomasa como energía renovable.

BIBLIOGRAFÍA

- Cuadros Salcedo, L. 2014. Guía de los cultivos energéticos en Extremadura. Agencia Extremeña de la Energía. 56 p.
- Fukushima, K., et al. 1994. "Heterogeneous lignification in one year old shoots of trees I: characterization of cell wall component in the various tissues", *Holzforshung* 24, p.113-117.
- García, L. M., Márquez, F., Carballo, L. 2004. Comportamiento de los productos de la pirólisis en el *Eucalyptus saligna* Smith a diferentes alturas del fuste co-

mercial (25, 55 y 85 %) Universidad de Pinar del Río. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar12/HTML/artículo>

Guyat, M. A., Capote, V. 2015. Determinación del poder calórico de especies forestales que crecen en Cuba. *Revista Forestal Baracoa (CU)* 34(1): 105-110, enero-junio. ISBN: 0138-6441.

Irola, O. 2017. Marabú necesario a emplear en las 9 Bioeléctricas donde se rectificará la existencia. Informe de Empresa Contratista MINAG. 3 p.

MINAG. 1985. Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal. 20 p.

MINAG. 2018. Fichas de costo para el establecimiento de Bosques energéticos. 11 p.

Ona, T., et al. 1995. *Japan, Tappi* 49. p. 1567.

Ona, T., Sonoda, T., Ito, K., Shibata, M. 1997. "Relationship of lignin content, lignin monomeric composition and hemicellulosic composition in the same trunk sought by their within tree variation in *E. camaldulensis* and *E. globulus*", *Holzforshung* 51. p. 396-404

Orea, U., Carballo, L. R., Cordero, E. 2004. Apuntes sobre la Composición química de la madera. Universidad de Pinar del Río. Monografía <http://www1.monografias.com/trabajos15/composicion-madera/>

Pereira, H., Sardinhas, R. 1984. "Chemical composition of *Eucalyptus globulus* Labill". *Appita (BR)* 37(8):661-664.

Energías Renovables 2008 - Energía Biomasa Av. Paseo Colón 171 Capital Federal - CP (C1063ACB) República Argentina - Conmutador: 54-11-4349-5000 energia@minplan.gov.ar - <http://www.energia.gov.ar> 18 p.

Wu, J., Fukazawa, K., Ohtani, J. 1992. "Distribution of Syringyl and guaiacyl lignins in hard woods in relation to habitat and porosity form in wood", *Holzforshung* 46. p. 181-188.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Lizeyda Paredes Morejón

Ingeniera Forestal, Máster en Ciencias Forestales, Investigadora Agregada del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de Mejora genética, Introducción de especies, Prueba de procedencias, Aceites esenciales y resinas, Cadenas productivas y Aspectos de la bioseguridad dentro de la gestión ambiental. Ha dirigido proyectos nacionales de biocombustibles. Elaboró proyectos internacionales sobre Dendroenergía y Uso de las fuentes renovables de energía, Especies energéticas y publicado varios artículos científicos. Ha participado activamente en eventos nacionales e internacionales, tanto fuera como dentro del país, con resultados relevantes.