

BIOMASA FORESTAL PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE UNA COMUNIDAD AISLADA CON TECNOLOGÍA DE GASIFICACIÓN

FOREST BIOMASS FOR THE ELECTRIFICATION OF THE ONE ISOLATED COMMUNITY WITH TECHNOLOGY OF GASIFICATION

M.Sc. LIZEYDA PAREDES-MOREJÓN¹, ING. ROLANDO PADRÓN-PÉREZ¹, ING. ALBERTO RODRÍGUEZ CARRILLO² E
ING. JORGE ISAAC PINO³

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

² Empresa de Ingeniería de Proyectos de la UNE (INEL). Ave. 23 e/ O y P, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba.

³ Unión Eléctrica Nacional (UNE-MINEM). Ave. Salvador Allende 666, Centro Habana, La Habana, Cuba

RESUMEN

La biomasa es una excelente materia prima que puede ser utilizada, mediante la tecnología de gasificación, en la generación de electricidad, remplazando combustible fósil en plantas generadoras. El objetivo del presente trabajo es demostrar las posibilidades de la biomasa forestal para la producción de energía eléctrica mediante la tecnología de gasificación. El estudio se realizó en la comunidad aislada La Veguera, Guáimaro, Camagüey, teniendo en cuenta el potencial de biomasa de marabú existente mediante la instalación de una bioeléctrica de gasificación adquirida por el Proyecto Internacional Biomasa Marabú; primeramente se empleó *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn. y para garantizar la sostenibilidad de la materia prima, se estableció una plantación de dos especies energéticas *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Acacia mangium* Willd. Se obtuvo una generación de 823,5 kW para el servicio de 24 horas, con lo que se garantiza la electrificación de esta comunidad.

Palabras claves: Biomasa forestal, comunidad aislada, gasificación, bioeléctrica.

ABSTRACT

The biomass is an excellent matter and can be used, by means of the gasification technology, in the efficient generation of electricity, replacing fossil fuel in generating plants. The objective of the present work is to demonstrate the possibilities of the forest biomass for the electric power production by means of the gasification technology. The study was carried out in one isolated community so called "The Veguera" of Guáimaro, Camagüey, according to the potential existing of biomass from marabou (*Dichrostachys cinerea*) and the possibility of installation one bioelectric of gasification acquired from the International Project Marabu Biomass, In a first stage *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn and to guarantee the sustainability supply with new plantation of two energy species as *Eucalyptus pellita* F. Muell. and *Acacia mangium* Willd. A generation of 823,5 kW obtained for the service 24 hours with what the electrification of the community.

Key words: Forest biomass, isolated community, gasification, bioeléctrica.

INTRODUCCIÓN

La biomasa es una fuente que puede ser usada para la producción de energía. Esta cubre un amplio rango de materiales y fuentes, tales como residuos de la industria forestal y la acuicultura, desechos urbanos y plantaciones energéticas, que 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).

Actualmente los procesos modernos de conversión solamente suplen el 3 % del consumo de energía primaria en países industrializados. Sin embargo, gran parte de la población mundial aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña como fuente de energía primaria. Esta suple, aproximadamente, el 35 % del consumo de energía en los países subdesarrollados, y alcanza un 14 %

del total de la energía consumida a nivel mundial (Urbáez *et al.*, 2007).

Los primeros estudios sobre la gasificación de la biomasa en Cuba tuvieron lugar en la primera mitad de la década de los noventa, por razones relacionadas con el periodo especial y la necesidad del país de enfrentar la carencia de suministro externo de combustible. En 2004, con la ejecución del Proyecto GEF/ONUDI, se inicia alguna transferencia de tecnología con la planta eléctrica de gasificación de biomasa en el poblado de Cocodrilo, con el propósito de electrificación, potencia 50 kWe, 2010; seguidamente la planta del aserradero El Brujo, con el propósito de autoabastecer energéticamente su proceso productivo y aportar a la red nacional, potencia 40 kWe, 2012, así como la planta de la Estación Indio Hatuey, con propósito demostrativo. Potencia 20 kWe, también el mismo año, planta eléctrica de gasificación de biomasa La Melvis, con el propósito de entregar electricidad a la red nacional, potencia: 500 kWe, 2014, y caldera acoplada a gasificador de biomasa en la Empresa de la Industria Alimentaria de la Isla de la Juventud. Propósito: sustitución de combustible fósil en el 2014 (Curbelo *et al.*, 2014).

Una de las demandas de energía no satisfecha más significativa es el aseguramiento del servicio eléctrico de calidad en hogares no conectados a la red. Aunque el nivel de electrificación de las viviendas en Cuba asciende a 97,85, se reporta que hay 82 597 viviendas no conectadas al SEN, y de ellas 42 392 no tienen servicio eléctrico alguno¹ (Curbelo *et al.*, 2014). Se debe entender como servicio eléctrico de calidad aquel que se presta las 24 horas del día con un voltaje y frecuencia constante de acuerdo con las normas establecidas y sin limitaciones que afecten el aseguramiento de las condiciones de vida aceptables y su uso con fines productivos. Sobre esta base, el uso de plantas de generación de electricidad por gasificación de biomasa resulta una opción a considerar seriamente, teniendo en cuenta las limitaciones de las soluciones alternativas basadas en fuentes renovables de energía para alcanzar estas exigencias.

Los datos disponibles permiten estimar que existe la biomasa necesaria para asegurar la

generación de la energía requerida aproximadamente en el 70 % de las comunidades no conectadas a la red eléctrica en el país. En cuanto a la capacidad de generación eléctrica a instalar, esta oscila entre los 10 kW y las 50 kW (Curbelo *et al.*, 2014). El objetivo del presente trabajo es demostrar las posibilidades de la biomasa forestal para la producción de energía eléctrica mediante la tecnología de gasificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del trabajo se siguieron los siguientes pasos:

- Investigación sobre las comunidades posibles a aplicar esta tecnología.
- Investigación documental y práctica para conocer la existencia de materia prima (biomasa) para garantizar la sostenibilidad de la bioeléctrica.
- Definición de las potencialidades de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn. (marabú) y otras especies energéticas para su empleo en la tecnología de gasificación.
- Determinación de las especificaciones de la materia prima a emplear para la mejor gasificación en la producción de energía eléctrica.
- Instalación y puesta en marcha de la bioeléctrica.
- Producción de energía eléctrica para la electrificación de la comunidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la comunidad

Según datos de la Unión Eléctrica (UNE, 2010), en el municipio de Guáimaro existen cuatro comunidades aisladas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Después de un análisis con el CAP de Camagüey y el CAM de Guáimaro, se decidió seleccionar la comunidad La Veguera, situada en el norte de la provincia de Camagüey, a 30 km del municipio de Guáimaro, como área de estudio e implementación de la tecnología de gasificación a partir de la biomasa forestal, por la importancia económica para el desarrollo ganadero de esta zona, siendo esta la principal fuente de empleo de sus pobladores.

Según el contexto social, la comunidad cuenta con 52 viviendas y 149 habitantes, además de varias instalaciones sociales como Sala de

¹ Censo de Población y Vivienda 2012. Informe Final www.onei.cu/infomenacional2012.htm tabla V.14, revisado el 15 de septiembre de 2014.

reuniones, Escuela primaria, Círculo social y Tienda de víveres (OBE Camagüey, 2012).

Potencial de materia prima (biomasa)

En correspondencia con los inventarios realizados por Bravo *et al.* (2015), se reportó que para un marabú medio existen 69 t/ha con diámetro de 5 cm y 93 t/ha para 6 cm y para ramas. En estos diámetros se reportaron de 50 y 68 t/ha, respectivamente.

En el municipio de Guáimaro existen 55 377 ha cubiertas de marabú según GEAM (2010), de ellas disponibles 12 736,7 ha. Teniendo en cuenta estos datos y considerando los requerimientos técnicos que deben cumplir la materia prima, para ser consumida por la bioeléctrica se pueden disponer de 2 063 345,4 t de biomasa verde.

Selección de las especies a emplear

Se definieron las especies para ser empleadas como materia prima para alimentar la bioeléctrica. En una primera etapa se empleará *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn. (marabú), por ser una planta invasora introducida de África, que está ocupando grandes extensiones de terreno y existe un plan para su eliminación para el uso de la tierra en la producción de alimentos. Su madera muestra características idóneas para

ser empleada como combustible, presenta alta densidad (1100 kg/m³), elevado poder calórico de 4358 kcal/kg (Guyat y Capote 2015), y cumple con los índices dasométricos necesarios para ser utilizada en el fin propuesto por no alcanzar grandes dimensiones. En la segunda etapa, para garantizar la sostenibilidad del proyecto y el funcionamiento permanente de la bioeléctrica, fueron seleccionadas el *Eucalyptus pellita* F. Muell. y la *Acacia mangium* Willd., especies propuestas en el Informe Nacional de Recursos Genéticos Forestales (Hechavarría y Manzanares, 2016), elegidas además por presentar rápido crecimiento, capacidad de rebrote, y teniendo en cuenta que las plantaciones con fines energéticos deben tener turnos entre cinco y siete años para su aprovechamiento. *Eucalyptus* en siete años puede alcanzar más de 10 m de altura y 11,9 cm de diámetro, y tiene una densidad de 600-800 kg/m³ (Betancourt, 2000), y un poder calórico 4456 kcal/kg (Guyat y Capote, 2015), según la propia autora; en este orden también se encuentra el poder calórico de *Acacia mangium* Willd.

Estas especies fueron producidas previamente en un vivero de tubetes (Fig. 1) y plantadas bajo un marco de plantación de 3 m x 3 m en 60 ha de una finca forestal constituida para garantizar su atención por el finquero (Fig. 2).



Figura 1. Vivero Forestal Biomasa para la producción de las posturas de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Acacia mangium* Willd.



Figura 2. Plantación con especies energéticas.

Especificaciones de la biomasa forestal

Para obtener una gasificación de calidad, la biomasa como materia prima debe estar en óptimas condiciones, además de cumplir con otras especificaciones técnicas, como humedad inferior

al 25 %, de 30 a 45 días bajo condiciones de secado natural, al aire o bajo techo en la nave concebido para la protección de la materia prima, poseer entre 5 y 6 cm de diámetro para ser troceados a una longitud de 4-6 cm, facilitando así su consumo por el reactor (*Fig. 3*).

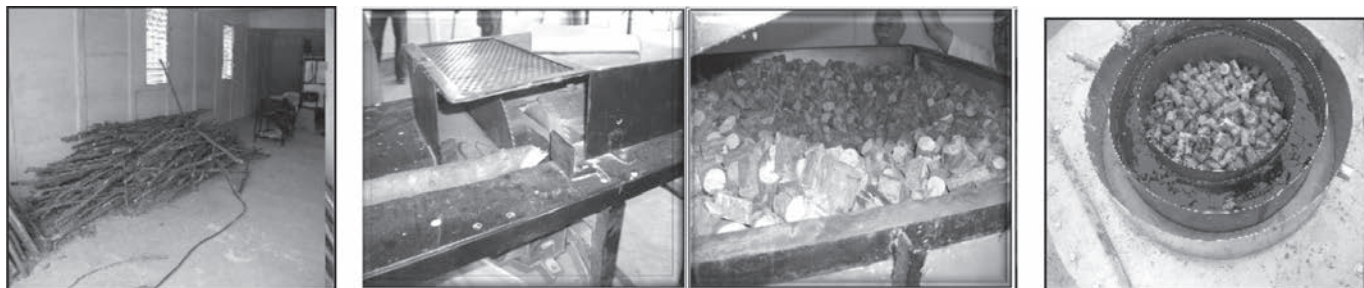


Figura 3. Almacén de la biomasa, sierra, trocitos y reactor.

Instalación y puesta en marcha de la bioeléctrica

La bioeléctrica adquirida por el Proyecto Internacional Biomasa Marabú de Tecnología Ankur COMBO WBG 80 con limpieza de los gases húmedos (*Fig. 1*) (*Anexo*), se instaló en el interior de una nave de 30 m x 10 m (300 m²), obra civil construida para la protección del flujo

tecnológico, la cual cuenta además con cuarto de descanso, baño, almacén y el espacio abierto para todos los equipos (*Figs. 4, 5 y 6*).

Por parte de la Organización Básica Eléctrica (OBE) se realizaron los trabajos de la instalación de la infraestructura necesaria en la comunidad para llevar la electricidad a cada casa y las instalaciones sociales existentes en la misma.



Figura 4. Identificación. Bioeléctrica.



Figura 5. Obra civil para la protección del flujo tecnológico de la bioeléctrica.



Figura 6. Interior de la nave con el equipamiento tecnológico.

Se determinó por especialistas de la Unión Eléctrica Nacional (UNE) y Empresa de Ingeniería de Proyectos INEL (Rodríguez *et al.*, 2012), instalar la bioeléctrica de 40 kWe de potencia a partir de los siguientes parámetros de consumo y seguridad:

- Demanda instalada por vivienda de 1,4 kWh.
- Servicio por 24 horas.
- Consumo por vivienda de 33,6 kWh por día.
- El 10 % de la electricidad generada es insumo de la planta.
- Factor de coincidencia en horario pico el 40 %.
- Margen de seguridad el 20 %.

El microsistema requirió en la infraestructura una línea local para su funcionamiento. La puesta en marcha y la asistencia técnica se realizó con apoyo del proveedor y los especialistas de la Agencia Nacional de Cubaenergía, que además se encargaron de capacitar a los operadores para tres turnos de trabajo y funcionamiento ininterrumpido durante 24 horas.

Producción de energía eléctrica

Cumpliendo los requerimientos de la materia prima, tales como 15 % de humedad y 1100 kg/m³ de densidad (1,1 t/m³) y la bioeléctrica consume 60 kg/h (0,06 t/h), será necesario 1,4 t de materia prima para un día de generación (0,06 x 24) equivalente a 1,3 m³/día.

Teniendo en cuenta lo planteado por Paredes y Padrón (2015) que 1 t de marabú produce 588,24 kWh, equivalente a 1,4 t, generando un total de 823,5 kW para un servicio de 24 horas (Tabla 1).

Tabla 1. Generación de electricidad en la bioeléctrica a partir del marabú

Tiempo (días)	Marabú (t)	Electricidad generada (kW)
1	1,4	823,5
7	9.8	5764,7
30	42	24 706,1
340	476	280 002,2

Para garantizar la sostenibilidad de la materia prima como combustible, las 60 ha de plantaciones de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Acacia mangium* Willd., especies energéticas con poder de rebrote, serán aprovechadas en turnos de seis años, si se considera que la densidad de estas especies está en el orden de 640 kg/m³ $\approx$ 0,640 t/m³.

En un turno de corta de seis años, con un incremento medio anual de 15 m³/ha/año, (MINAG, 1985) se obtendría alrededor de 90 m³/ha/turno (57,6 t/ha/turno).

Como la bioeléctrica instalada consume 60 kg/h, para 24 horas de servicio necesitaría 1440 kg (1,4 t/día), y para 340 días al año es necesario 476 t/año equivalente a 8,3 ha/año.

En Cuba la experiencia sobre electrificación de comunidades aisladas es limitada; solo se cuenta con el caso de una bioeléctrica de 50 kWe de potencia, instalada en Cocodrilo, en la Isla de la Juventud, que fue puesta en marcha en 2010, pero con carácter dual con empleo de diésel al 25 % (grupo electrógeno) y con biomasa proveniente de bosques naturales el 75 % (Cruz, 2014). En este caso la bioeléctrica se alimentará con el 100 % de biomasa forestal.

Valoración de los beneficios

Con el empleo de biomasa forestal como combustible para la electrificación de la comunidad aislada La Veguera, mediante la tecnología de gasificación mejora la calidad de vida de la población, no solo por emplear un recurso natural renovable, no contaminante, sino además por la generación de fuentes de empleo para los pobladores de dicha comunidad, no solo para los hombres que trabajan directamente en los tres turnos de trabajo diarios en la bioeléctrica, sino también para mujeres que trabajan directamente atendiendo las plantaciones energéticas. Como es una zona ganadera, se podrá refrigerar la leche que en esta comunidad se produce.

El logro de este propósito es que se puede aplicar en cualquier comunidad del país carente también del servicio eléctrico y que solo de forma local mediante el empleo de las energías renovables se le puede dar solución.

CONCLUSIONES

- Con el empleo de la biomasa de marabú en una primera etapa se demuestra que mediante la tecnología de gasificación se logra solucionar de forma local la carencia del servicio eléctrico en la comunidad aislada La Veguera.
- Se demostró que con el suministro diario de 1,4 t de marabú se generaron 823,5 kW necesarios para suministrar el servicio eléctrico

durante 24 horas para las 52 viviendas y demás instalaciones sociales.

- Para que la bioeléctrica trabaje 340 días al año, necesita 476 t de marabú, los cuales generan un total de 280 002,2 kW.
- Experiencias como estas pueden replicarse en comunidades aisladas en las que sea inviable su conexión al Sistema Electroenergético Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

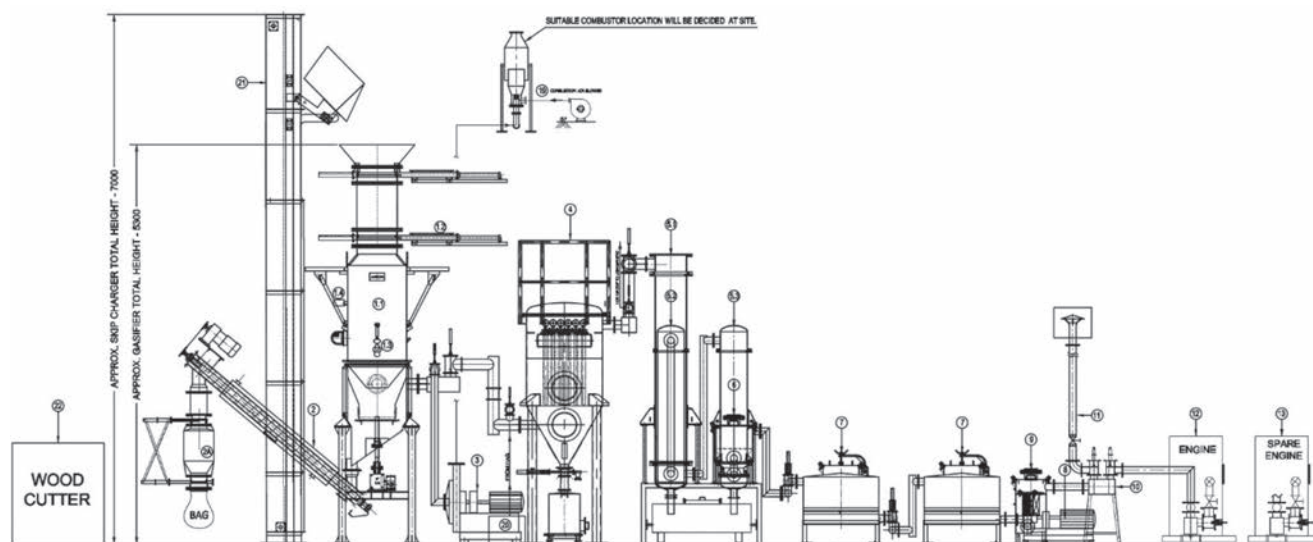
- Betancourt, A. 2000. Árboles maderables exóticos en Cuba. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 352 p.
- Bravo, J. A. et al. 2015. Metodología para el inventario y cuantificación de la biomasa total verde con corteza y por componentes de la vegetación de *Dichostachys cinerea* (L.) Wight et Arm. (marabú). 44 p.
- Curbelo A. et al. 2014. Energías Renovables para el Desarrollo Sostenible: Gasificación de Biomasa. Oportunidades de la gasificación. Caso Cuba. Taller de Cierre Proyecto Internacional: GEF/ONUDI GP-CUB/05/001. 10p.
- GEAM. 2010. Resumen Inventario Nacional de las áreas infestadas de Marabú. La Habana. MINAG. 20 p.
- Guyat, M. A.; Capote, V. 2015. Determinación del poder calorífico de especies forestales que crecen en Cuba. Revista Forestal Baracoa (CU) 34(1): 105-110.
- Hechavarría, O.; Manzanares, K. 2016. Primer informe Nacional de Recursos Genéticos Forestales. La Habana. INAF. 262 p.
- MINAG. 1985. Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal. 20p.
- Organización Básica Eléctrica Camagüey. 2012. Informe de la dirección de Generación de emergencia y fuentes renovables de energía. 5 p.
- Paredes, L.; Padrón, R. 2015. Potencialidades de la biomasa de la especie *Dichostachys cinerea* (L.) Wight et Arm. (marabú) para la generación de electricidad. Estudio de Caso. Revista Forestal Baracoa (CU) 36(2):97-102.
- Rodríguez, A. et al. 2012. Informe sobre la estimación preliminar del valor de inversión requerido para la electrificación de la comunidad aislada La Vegueta en el municipio Guáimaro, provincia de Camagüey. Dirección de Generación de Emergencia y Fuentes de Energías Renovables. UNE- MINEM. 2 p.
- Unión Eléctrica Nacional. 2010. Asentamientos no vinculados al SEN y servicio que reciben. Dirección de generación de emergencia y fuentes de energías renovables. 2 p.
- Urbáez, C. L. et al. 2007. Biomasa: alternativa sustentable para la producción de Biogás. 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

Ingeniera Forestal, Máster en Ciencias Forestales, Investigadora Agregada del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de mejoramiento genético, 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, ha trabajado en 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.

Anexo. Esquema del flujo tecnológico de la bioeléctrica. Tecnología Ankur COMBO WBG 80 con limpieza de los gases húmedos



- | | | |
|---|---|---|
| 1. Gasificador. | 10. Condensador del sistema subalterno. | 20. Compresor del aire. |
| 2. Reactor y depósito de alimentación. | 11. Permutador caliente. | 21. Chiler. |
| 3. Puerta alimentadora automatizada. | 12. Eliminador de llovizna. | 22. Torre refrescante. |
| 4. Alimentador automático. | 13. Filtro fino. | 23. Sistema de neutralización de condensante. |
| 5. Sensor del nivel de madera. | 14. Soplador de gas seco. | 24. Combustor con soplador. |
| 6. Transportador de cenizas. | 15. Filtro plegado. | 25. Filtro cerámico. |
| 7. Caja de colectora de cenizas secas. | 16. Caja del título. | 26. Cortador de madera |
| 8. Soplador para la salida al sistema subalterno. | 17. Señales con válvula. | |
| 9. Filtro cerámico. | 18. Filtro de manga. | |
| | 19. Panel de control. | |