

# Utilización de la planta *Jatropha Curcas* como energía renovable para el desarrollo ambiental y sostenible de una finca en la provincia Granma, Cuba

## Use of *Jatropha Curcas* plant as renewable energy for environmental and sustainable development of a farm in Granma province, Cuba

Bárzaga Quesada Joao L.<sup>1</sup>, Rodríguez Ponce Yoandro <sup>1</sup>, Mena Mena Euro R.<sup>2</sup>, Beltrán Reyna Roberto F.<sup>2</sup>, Lorente Leyva Leandro L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica,  
Universidad de Granma, Granma, Cuba.

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica,  
Universidad de las Fuerzas Armadas  
ESPE, Latacunga- Ecuador.

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas,  
Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador.

[joaobarzaga@gmail.com](mailto:joaobarzaga@gmail.com), [yrodriguezp@udg.co.cu](mailto:yrodriguezp@udg.co.cu), [ermena@espe.edu.ec](mailto:ermena@espe.edu.ec),  
[rbeltrnr@espe.edu.ec](mailto:rbeltrnr@espe.edu.ec), [llorente@utn.edu.ec](mailto:llorente@utn.edu.ec)

**Recibido:** Octubre 2015, **Publicado:** Diciembre 2015

**Resumen**— *La presente investigación se basa en la utilización de fuentes de energía renovable para lograr un desarrollo ambiental y sostenible de la finca Antonio Sánchez Días y con ello disminuir el cambio climático que se genera en el mundo actualmente. Para lograr tal objetivo se plantea la siembra de la planta *Jatropha Curcas* para la reforestación y disminución del impacto ambiental permitiendo obtener aceite de sus frutos, y con los subproductos de la planta y desechos de los animales de cría que poseen, producir biocombustibles.*

*Como resultado de la investigación se puede observar que se logró extraer y caracterizar el aceite de la planta obteniéndose valores similares a otros trabajos que según las normas utilizadas el aceite se puede utilizar como biocombustible en la generación de energía eléctrica y en tractores agrícolas pertenecientes a la finca, además se obtuvieron las dimensiones de un biodigestor para la producción de biogás que generará a los 40 días de operación un volumen de 29 m<sup>3</sup> de gas para la cocción de alimentos.*

**Palabras Claves**— *Energía Renovable, cambio climático, biocombustibles.*

**Abstract**— *The present research is based on the renewable energy sources utilization to achieve an environmental and sustainable development of the Antonio Sánchez Días farm and with it decreasing the climatic change that is generated in the world at present. In order to achieve such objective it proposes the planting of the *Jatropha Curcas* plant for reforestation and decrease of the environmental impact allowing getting oil from his fruits and use residual products*

*and animal wastes to producing biofuels.*

*As a result of the research it can be seen to be able to extract and characterize the plant oil yield values similar to other work according to the rules used the oil can be used as biofuel in power generation and agricultural tractors belonging to the farm, besides were obtained the size of a digester to produce biogas that will generate 40 days of operation a volume of 29 m<sup>3</sup> of gas for cooking food.*

**Keywords**— *renewable energy, climatic change, biofuels.*

### I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial cada día se logran pasos importantes en la implementación del uso de Energías Renovables en cualquiera de sus variantes para hacer del planeta Tierra un lugar limpio y evitar el uso excesivo de combustibles fósiles los cuales afectan en gran magnitud al Medio Ambiente.

Los aceites vegetales han sido uso de investigaciones para comprobar sus propiedades y utilizarlos como biocombustibles ejemplos de estos se encuentran los productos de la palma, colza, soya, maní, girasol, higuierilla y en la actualidad la *Jatropha Curcas*.

Especialmente la *Jatropha Curcas* ha ganado atención en países tropicales y subtropicales porque que se ha esparcido más allá de su centro de origen, por su vigor, propagación fácil, resistencia a la sequía, su alto contenido de aceite, el

crecimiento rápido, la adaptación a diferentes condiciones agro-climáticas, así como los múltiples usos que presenta. El potencial completo de la *Jatropha Curcas* no ha sido del todo demostrado debido a varias razones tecnológicas y económicas. Una de las razones principales es la falta de variedades flexibles con alto contenido de aceite (Divakara, 2010).

En muchos países tropicales de América y África se usa ampliamente como cerca viva, tutores de otros cultivos, control de la erosión y como árbol de sombra y ornato. Asimismo, puede ser una excelente alternativa en la reforestación de zonas erosionadas, para los agricultores que se encuentran en regiones donde sus cultivos han perdido el valor comercial, para aquellas tierras que no son aptas para cultivo, e inclusive como cultivo alternativo (Heller, 1996; Toral et al., 2008).

Heller (1996) y Toral et al. (2008) plantean que el aceite de la semilla es una fuente de energía renovable no convencional, de bajo costo y amigable con el ambiente, además de ser un sustituto para el diesel, el keroseno y otros combustibles. En los frutos y semillas se han reportado propiedades contraceptivas. Las semillas enteras contienen entre 35 y 38 % de aceite, y las semillas descascaradas y frescas alrededor de 37 %. El aceite es incoloro, inodoro y muy fluido.

Los aceites vegetales pueden ser usados directamente o mezclados con diesel para accionar motores de ignición por compresión. Estos y sus mezclas con diesel mineral han sido puestos a prueba a nivel mundial, los cuales son los aceites de *Jatropha*, karanja, colza, de desperdicio de cocina, aceite de marihuana deccan, jojoba, de semilla de caucho, de palma, etcétera. Altas concentraciones de aceite se utilizan mediante el precalentamiento antes de la inyección al cilindro. Las pruebas de operación del motor a corto plazo han indicado potencial para la mayoría de aceites vegetales como combustible mediante la mezcla y el precalentamiento (Agarwal, A. K. y Dhar, 2010).

Luego de la extracción del aceite se obtienen subproductos como partes de las semillas y la denominada torta las cuales poseen nutrientes orgánicos en mayor medida que el pollo y el ganado, además sirven de suministro para la producción de biogás y así lo ha declarado Achten et al. (2008) en su investigación donde además plantea que estos desechos se pueden utilizar como fertilizantes.

Varios autores como Heller (1996), Agarwal, D. y Agarwal (2007), Sotolongo et al. (2007), Kumar y Sharma (2008), Nahar y Ozores-Hampton (2011), Raja et al. (2011) Grimsby et al. (2012), Chen et al. (2013) apuntan a la *Jatropha curcas* como una planta de gran importancia para el desarrollo ambiental y sostenible para zonas rurales debido su fácil adaptación a cualquier clima, la protección que brinda a los suelos y su reforestación, además de ser gran fuente de biomasa y el aceite de su semilla tener excelentes propiedades para ser utilizado como biocombustible.

En Cuba tras la necesidad del uso de las Energías Renovables se comenzó a expandir el uso de muchas variantes, es por ello que se toma la planta *Jatropha Curcas*

para su uso como biomasa debido a la facilidad de adaptación en suelos cubanos y que se caracteriza por no ser comestible lo que favorece su rápida expansión y aprovechamiento.

En la finca de autoconsumo Antonio Sánchez Días ubicada en la zona rural el Caney de las Mercedes del municipio Bartolomé Masó de la provincia Granma, ante la necesidad de desarrollo ambiental y sostenible requerida a nivel mundial se llevaron a cabo labores de siembra y cultivo de la planta *Jatropha Curcas* en suelos no cultivables y otros que si con el objetivo de utilizar los subproductos de dicha planta como fuente de Energía Renovable para garantizar el desarrollo local del área y la disminución del uso de combustibles fósiles y con ello el impacto ambiental.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr el objetivo que se planteaba en la finca antes mencionada se realizaron plantaciones de *Jatropha* pertenecientes a la variedad africana que en la actualidad llevan 4 años de explotación y junto a la cría de animales como ganado vacuno y ovino, caballos y cerdos se aprovecharán todo tipo de biomasa para la producción de biogás y biocombustible producto del aceite de las semillas.

### A. Extracción y caracterización del aceite de *Jatropha Curcas*

Para la obtención del aceite y el subproducto primeramente se recolectaron los frutos secos, los mismos fueron introducidos en una descascaradora (ver figura 1) para eliminar la cúpula de las semillas.



**Fig. 1 Máquina descascaradora.**



**Fig. 2 Sistema máquina extractora (A) – filtros (B).**

Luego se extrajo el aceite en una máquina extractora marca Fiellin (ver figura 2) de procedencia italiana con una capacidad de producción de 70 litros diarios, después el aceite de la *Jatropha Curcas* fue filtrado con el objetivo de eliminar algunas impurezas provenientes de la cosecha y su posterior manipulación.

**B. Caracterización del aceite de *Jatropha Curcas***

Para lograr la utilización del aceite como biocombustible es indispensable conocer propiedades como la viscosidad y la densidad, las cuales afectan en mayor medida el funcionamiento de un motor de combustión interna diésel, para ello se muestra la tabla 1 donde se pueden apreciar las propiedades evaluadas.

**TABLA 1. NORMAS EMPLEADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES**

Propiedades	Norma empleada	Unidad
Viscosidad cinemática	ASTM D 445-04	cSt
Densidad	ASTM D 287-92	g/cm <sup>3</sup>
Insolubles	ASTM D 893-97	%
Punto de inflamación	ASTM D 93-02	°C

**C. Evaluación de desechos sólidos y líquidos para la producción de biogás**

Para la producción del biogás se cuenta básicamente con 20 vacas, 30 cerdos y 25 carneros, y con el subproducto de la extracción del aceite de la *Jatropha Curcas*. El biodigestor que se propone construir es del modelo chino con cúpula tipo bóveda. Para llevar a cabo el dimensionamiento del mismo se utilizaron principalmente las siguientes ecuaciones:

$$S_d = (1 + N) \cdot M_d \quad (1)$$

Donde:

S<sub>d</sub>: Cantidad de material de entrada (l/día).

N: Tasa de disolución (l/día).

M<sub>d</sub>: Cantidad de Material (kg/día).

$$G = \frac{M_d \cdot Y}{1000} \quad (2)$$

Donde:

G: Capacidad del biodigestor (m<sup>3</sup>).

Y: Producción de biogás (l/día).

$$V_d = \frac{S_d \cdot RT}{1000} \quad (3)$$

Donde:

V<sub>d</sub>: Volumen de descompuesto (m<sup>3</sup>).

RT: Tiempo de retención (día).

$$V_g = G \cdot K \quad (4)$$

Donde:

V<sub>g</sub>: Volumen de contención del gas (m<sup>3</sup>).

G: Capacidad del biodigestor.

K: Coeficiente de contención de gas (Depende de la temperatura ambiente)

$$V = V_d + V_g + V_c \quad (5)$$

Donde:

V: Volumen del biodigestor (m<sup>3</sup>).

V<sub>c</sub>: Volumen del espacio muerto (m<sup>3</sup>).

Para lograr el cálculo de cada una de las ecuaciones hicieron algunos datos preconcebidos para ello se presentan las tablas 2 y 3. En la tabla 2 se presenta la producción de biogás y en la tabla 3 la cantidad de material de desecho que aporta cada animal.

**TABLA 2. DATOS DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS POR ANIMALES**

Animal	Producción de biogás	Unidad
Ganado vacuno	30	l/día
Ganado ovino	30	l/día
Cerdo	50	l/día

**TABLA 3. MATERIAL DE DESECHO APORTADO POR CADA ANIMAL**

Animal	Producción de biogás	Unidad
Ganado vacuno	18	kg/día
Ganado ovino	3	kg/día
Cerdo	3	kg/día

**III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Para desarrollar el presente estudio y obtener los resultados que se muestran a continuación, se hizo necesario analizar el aceite de la planta *Jatropha Curcas* y de las posibilidades que brindaba la finca de autoconsumo Antonio Sánchez Días para la utilización del aceite de la misma así como sus desechos para la producción de Energía Renovable complementado con los desechos animales que permitieron el dimensionamiento de un biodigestor para la producción de biogás.

**D. Propiedades obtenidas del aceite de *Jatropha curcas***

Las propiedades del estudio realizado al aceite en cuestión se pueden observar en la tabla 4 las cuales pueden ser

comparadas con estudios similares como los obtenidos por Pramanik (2003), Piloto et al. (2011) y Mehta et al. (2012).

**TABLA 4.**  
**PROPIEDADES OBTENIDAS DEL ACEITE DE JATROPHA CURCAS**

Propiedades	Valor	Unidad
Viscosidad cinemática	12,49	cSt
Densidad	0,9207	g/cm <sup>3</sup>
Insolubles	0,066	%
Punto de inflamación	238	°C

Según las propiedades del aceite caracterizado y teniendo en cuenta los resultados obtenidos por Errasti (2013) en su investigación con variedad similar en Cuba, se usará como biocombustible para la generación eléctrica de la finca y la zona rural cercana. La forma de utilización del biocombustible será a través de 20 % de aceite con 80 % de diésel y se procederá a evaluar el funcionamiento de tractores agrícolas, además se utilizará esta misma fórmula durante el laboreo del suelo y otras acciones en la finca para con esto contribuir al desarrollo sostenible y ambiental que se busca, sobre todo por los pocos requerimientos que se exigen para la producción de este biocombustible. Además con la expansión de la siembra de la planta se podrá reforestar áreas que no se utilizan y de esta forma aumentar la producción del aceite.

#### E. Resultados del dimensionamiento del biodigestor

Las dimensiones del biodigestor que se utiliza en la actualidad en la finca se obtuvieron a través de varias ecuaciones y las principales que se expusieron anteriormente. Para ello se muestra la tabla 5 con los datos calculados y teniendo en cuenta los 1575 L/día de material de entrada.

**TABLA 5.**  
**DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR**

Propiedades	Valor	Unidad
Volumen de descompuesto	63	m <sup>3</sup>
Capacidad del biodigestor	57,75	m <sup>3</sup> /día
Volumen de contención del gas	28,87	m <sup>3</sup>
Volumen del biodigestor	96,46	m <sup>3</sup>

Las dimensiones del biodigestor se obtuvieron mediante ecuaciones geométricas a través del volumen del equipo donde se diseñó uno tipo chino con 3,00 m de diámetro y 2,5 m de alto, la cúpula tiene una altura de 0,95 m y el reservorio final de gas posee 0,6 m de altura y 0,3 m de diámetro. Para que se pueda observar se presenta la figura 3.



**Fig. 3 Biodigestor**

#### IV. CONCLUSIONES

A través de la investigación se demostró que se puede cumplir el objetivo perseguido y con ello alcanzar el desarrollo ambiental y sostenible de la finca Antonio Sánchez Días, basado en que se logró la extracción y caracterización del aceite de *Jatropha Curcas* obtenido en la misma, cumpliendo con las normas para su uso como biocombustible para la generación de energía eléctrica y para su uso en tractores agrícolas, además que los subproductos se pueden utilizar para la producción de biogás. Por otra parte se calculó y dimensionó un biodigestor partiendo de los desechos anteriormente mencionados así como los de los animales de cría que posee la finca que son la mayor aportación logrando con ello la producción de biogás para la cocción de alimentos.

## REFERENCIAS

- [1] Achten, W. M. J., Verchot, L., Franken, Y. J., Mathijs, E., Singh, V. P., Aerts, R., y Muys, B. (2008), *Jatropha* bio-diesel production and use, *Biomass and Bioenergy*, 32 (12), 1063-1084.
- [2] Agarwal, A. K. y Dhar, A. (2010), Experimental Investigations of Preheated *Jatropha* Oil Fuelled Direct Injection Compression Ignition Engine—Part 1: Performance, Emission, and Combustion Characteristics, *Journal of ASTM International*, 7 (6), 1-13.
- [3] Agarwal, D. y Agarwal, A. K. (2007), Performance and emissions characteristics of *Jatropha* oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine, *Applied Thermal Engineering*, 27 (13), 2314-2323.
- [4] Chen, L.-Y., Chen, Y.-H., Hung, Y.-S., Chiang, T.-H., y Tsai, C.-H. (2013), Fuel properties and combustion characteristics of *jatropha* oil biodiesel–diesel blends, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44 (2), 214-220.
- [5] Divakara, B. N., Upadhyaya, H.D., Wani, S.P., Laxmipathi Gowda, C.L. (2010), Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review, *Applied Energy*, 87 (2010), 732–742.
- [6] Errasti, M., Melo, E., Piloto, R., Werner de Dios, A., Ferrer, N., Goyos, L. (2013), Caracterización de un motor diesel trabajando con mezclas de aceite de *Jatropha* y combustible diesel, *Ingeniería Energética*, XXXIV (3), 198-207.
- [7] Grimsby, L. K., Aune, J. B., y Johnsen, F. H. (2012), Human energy requirements in *Jatropha* oil production for rural electrification in Tanzania, *Energy for Sustainable Development*, 16 (3), 297-302.
- [8] Heller, J. (1996), Physic nut (*Jatropha curcas* L.). Promoting the conservation and use of underutilization and neglected crops. <<http://www.ipgri.cgiar.org/%20publications/pdf/161.pdf>>.
- [9] Kumar, A. y Sharma, S. (2008), An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review, *Industrial Crops and Products*, 28 (1), 1-10.
- [10] Mehta, A., Joshi, M., Patel, G., y Saiyad, M. J. (2012), Performance of single cylinder diesel engine using *jatropha* oil with exhaust heat recovery system, *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 3 (4), 1-7.
- [11] Nahar, K. y Ozores-Hampton, M. (2011), *Jatropha*: An Alternative Substitute to Fossil Fuel, Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Horticultural Sciences (HS1193), 10. <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS119300.pdf>>, accessed December 14, 2013.
- [12] Piloto, R., Goyos, L., Alfonso, M., Duarte, M., Caro, R., Galle, J., Sierens, R., y Verhelst, S. (2011), Characterization of *Jatropha curcas* oils and their derived fatty acid ethyl esters obtained from two different plantations in Cuba, *Biomass and Bioenergy*, 35 (2009), 4092-4098.
- [13] Pramanik, K. (2003), Properties and use of *jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine, *Renewable Energy*, 28 (2), 239-248.
- [14] Raja, A., Smart, R., y Lee, L. R. (2011), Biodiesel production from *jatropha* oil and its characterization, *Research Journal of Chemical Sciences*, 1 (1), 81-87.
- [15] Sotolongo, J. A., Díaz, A., Montes de Oca, S., del Valle, Y., y García, S. (2007), Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* L en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de la provincia de Guantánamo, *Tecnología Química*, XXVII (2), 76-82.
- [16] Toral, O., Iglesias, J., Montes de Oca, S., Sotolongo, J., García, S., y Torsti, M. (2008), *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba, *Pastos y Forrajes*, 31 (3), 191-207.

**Rodríguez Yoandro.** Nació en Holguín, Cuba. Es graduado de la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, Holguín – Cuba en Ingeniería Mecánica. Doctor en Ciencias Técnicas en la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente es docente del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Granma, Granma - Cuba.



**Mena Euro.** Nació en Quevedo provincia de Los Ríos en Ecuador. Es graduado en la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, en Ingeniería Automotriz en el año 1997. Actualmente es docente del Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” en la ciudad de Latacunga - Ecuador.



**Beltrán Roberto.** Nació en Manzanillo provincia de Granma en Cuba. Es graduado de la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, Holguín – Cuba en Ingeniería Mecánica en el año 2009 y cuenta con un masterado en Diseño y Manufactura Asistida por Computadoras (CAD-CAM) de la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, Holguín – Cuba. Actualmente es docente del departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” en la ciudad de Latacunga - Ecuador.



**Lorente Leandro.** Nació en Manzanillo provincia de Granma en Cuba. Es graduado de la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, Holguín – Cuba en Ingeniería Mecánica en el año 2009 y cuenta con un masterado en Diseño y Manufactura Asistida por Computadoras (CAD-CAM) de la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, Holguín – Cuba. Actualmente es docente de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra - Ecuador.



**Bárzaga Joao.** Nació en Bayamo Granma en Cuba. Es graduado de la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, Holguín – Cuba en Ingeniería Mecánica en el año 2009. Actualmente se encontraba trabajando como docente en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Granma, Granma - Cuba.