

PRODUCTIVIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE CRUDO DE COQUILLO (*Jatropha curcas* L.) EN PANAMÁ¹

Jaime Espinosa-Tasón²; Luis Barahona-Amores³; Rodolfo Morales-Muñoz⁴

RESUMEN

La investigación se realizó para evaluar el rendimiento de la extracción de aceite crudo de coquillo y sus características físicoquímicas. Se utilizó el procedimiento de extracción con prensa de tornillo mecánico o expeller. Se evaluó el rendimiento como porcentaje del contenido de aceite en semillas secas al 7% de humedad y se determinaron las características del aceite mediante análisis físicoquímico del perfil lipídico. Los resultados indican un porcentaje de contenido promedio de aceite en semillas secas de 25,5%, con una eficacia de extracción de 77%. Se calculó que para obtener 1,0 L de aceite crudo de jatrofa se requerirían 3,5 kg de semillas secas. La densidad del aceite fue de 0,9084 g ml⁻¹, y el valor del índice de yodo fue de 133,4 g I₂/100 g. Los contenidos de ácido oleico (31,3%) y ácido linoleico (30,3%) fueron detectados como ácidos grasos dominantes, mientras que el ácido palmítico y el ácido esteárico fueron los ácidos grasos saturados encontrados en el aceite de jatrofa.

PALABRAS CLAVES: Rendimiento, oleaginosa, biodiésel, perfil lipídico, análisis físicoquímico.

¹Recepción: 25 de enero de 2017. Aceptación: 20 de febrero de 2017. Investigación financiada por el proyecto: PANAMA GREEN FUEL, S.A. (PGF). Convenio: IDIAP – MIDA – PGF

²M.Sc. en Socioeconomía Ambiental. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA). e-mail: j.espinosa.idiap@gmail.com

³Ing. Fitotecnista. IDIAP. CIAA. e-mail: alberline@gmail.com

⁴M.Sc. en Industrias Agrícolas Alimentarias. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: rodolfommz@yahoo.com

PRODUCTIVITY AND CHARACTERISTICS OF JATROPHA'S CRUDE OIL (*Jatropha curcas* L.) IN PANAMA

ABSTRACT

The research was conducted to evaluate the yield of crude oil extraction of jatropa and its physicochemical characteristics. We used the extraction procedure with mechanical screw press or expeller. The yield was evaluated as a percentage of the oil content in dry seeds at 7% moisture and the oil characteristics were determined by physicochemical analysis of the lipid profile. The results indicate a percentage of average oil content in dry seeds of 25,5%, with an extraction efficiency of 77%. It was estimated that for 1,0 L of crude jatropa oil would require 3,5 kg of dry seeds. The oil density was 0,9084 g ml⁻¹ and the iodine value was 133,4 g I₂/100 g. The content of oleic acid (31,3%) and linoleic acid (30,3%) were detected as dominant fatty acids, whereas palmitic acid and stearic acid were the saturated fatty acids found in jatropa oil.

KEY WORDS: Yield, oleaginous, biodiesel, lipid profile, physical-chemical analysis.

INTRODUCCIÓN

El coquillo (*Jatropha curcas* L.) es una especie de planta suculenta que pertenece a la familia Euphorbiaceae, es autóctona de América tropical, en Panamá ha sido utilizada principalmente como cerca viva en fincas para la división de potreros. Como indican Falasca y Ulberich (2008) el aceite de la semilla, puede ser utilizado en la fabricación de jabones, insecticidas, lubricantes; como combustible para las cocinas, faroles de alumbrado y para la producción de biodiesel.

Se utiliza como fuente de energía renovable no convencional, el aceite de

coquillo es de bajo costo y amigable con el ambiente, además de ser un sustituto para diésel, keroseno y otros combustibles. El sistema básico de biodiesel de jatropa consume ocho veces menos energía no renovable que el diésel convencional y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en un 51% (Almeida *et al.* 2011).

En la industria del biodiesel es reconocido que el aceite crudo de coquillo produce biodiesel de muy alta calidad. Como cultivo para biodiesel, el coquillo tiene la ventaja de crecer en tierras marginales menos adecuadas para el cultivo de especies para la alimentación

humana. Además, las fuentes de aceite comestible como la palma aceitera no son consideradas una materia prima ideal para la producción de biodiesel por estar en competencia con los alimentos.

La extracción de aceite por medio de solvente (hexano), la prensa de tornillo mecánico (expeller) y la prensa manual de pistón son los métodos más utilizados en los procesos de extracción del aceite crudo de jatrofa. El método más accesible para los pequeños productores, es la prensa de tornillo mecánico o expeller, quedando la posibilidad de adaptar un motor para mecanizar el proceso. Según Cynthia y Teong (2011) con la prensa de tornillo mecánico se obtiene un contenido de aceite del 77% después de la extracción.

El propósito de la investigación fue evaluar el rendimiento de la extracción de aceite crudo de coquillo y sus características físicas y química.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La colecta de frutos y semillas se realizó en una parcela de jatrofa de 0,5 ha, ubicada en la Estación Experimental de El Ejido - IDIAP, corregimiento de Santa Ana, provincia de Los Santos; localizada entre los 7°54'42" de latitud Norte y 80°22'09" longitud Oeste, a 25 msnm; con un

suelo alfisol (Jaramillo 1991) y una zona de vida clasificada como Bosque Seco Premontano (Holdridge 1967).

La plantación fue establecida en junio de 2013, mediante semilla gámica de la empresa de biotecnología Quinvita, dedicada al mejoramiento genético de jatrofa, se usó el cultivar comercial QVP 1010, el cual es plantado en la India y en África (Hawkins y Chen 2015). Basado en la recomendación de Quinvita (2013), la densidad de siembra fue de 625 plantas ha⁻¹, con un marco de siembra de 4 m x 4 m, y la fertilización fue de 53 kg ha⁻¹ de Nitrógeno (N), 15 kg ha⁻¹ de Fósforo (P) y 30 kg ha⁻¹ de Potasio (K).

Selección de semillas

Se cosecharon los frutos de color amarillo de forma manual durante el mes de noviembre de 2014 (Figura 1). Posteriormente, las semillas fueron secadas al sol hasta alcanzar un 7% de humedad, medida con un humidímetro. Luego, se almacenaron en envases herméticos, a una temperatura promedio de 25° C.

Extracción de aceite con prensa expeller

Se determinó el peso en gramos de cuatro muestras de 100 semillas, usando una balanza de peso digital. Para

la extracción del aceite de las muestras se empleó un extractor manual tipo expeller (Figura 2).

Se utilizó una balanza de peso digital para pesar cada muestra del aceite extraído (Figura 3). Empleando el valor de la densidad del aceite crudo de jatrofa de

0,9084 g ml⁻¹, obtenido en laboratorio, el peso se transformó a volumen mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Volumen (ml)} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{Densidad (g/ml)}}$$

El contenido o porcentaje de aceite se calculó empleando la relación que se expone en la siguiente ecuación.

$$\text{Contenido de Aceite (\%)} = \frac{\text{Masa de Aceite (g)}}{\text{Masa inicial de grano (g)}} * 100$$



Figura 1. Frutos óptimos para cosecha y secado de semillas.



Figura 2. Proceso de extracción del aceite de jatrofa con prensa expeller.



Figura 3. Muestra de la semilla entera, nuez decorticada y aceite de jatrofa, procedentes de la Estación Experimental de El Ejido - IDIAP.

Análisis físicoquímico del aceite de jatrofa

El aceite fue analizado en el Laboratorio de Análisis Industriales, S.A. (LAISA) certificado y autorizado para análisis químicos y físicos. El método de análisis fue basado en las normas de la USP-NF (2012). Se determinaron los parámetros del perfil de ácidos grasos, la densidad, humedad, azufre, índice de yodo y las impurezas. El índice de yodo es una medida de la insaturación de las grasas y aceites.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, empleando medidas de tendencia central y de dispersión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de 100 semillas secas al 7% de humedad tuvieron un peso promedio de 65,7 g con una variación de 2,6%. La extracción de aceite de las muestras tuvo un volumen promedio de 18,7 ml con una variación de 11,8% (Cuadro 1).

A partir del rendimiento de aceite crudo en las muestras, se calculó que para obtener 1,0 L de aceite crudo de jatrofa por el método de prensa expeller se requerirían 3,55 kg de semillas secas al 7% de humedad. Según Cynthia y Teong (2011) y Loaiza *et al.* (2012) el peso seco de semillas tiene una equivalencia de 1,0 L de aceite crudo de jatrofa por cada 3,33 kg de semilla seca.

CUADRO 1. MEDIDAS DESCRIPTIVAS DEL RENDIMIENTO DE ACEITE CRUDO DE JATROFA EN MUESTRAS DE 100 SEMILLAS AL 7% DE HUMEDAD.

Variable	n	Media	EE	CV	Mediana
Peso seco (g)	4	65,75	0,85	2,6	65,5
Volumen (ml)	4	18,75	1,11	11,83	19
Contenido (%)	4	25,5	1,32	10,38	26

El porcentaje de contenido de aceite en las semillas secas tuvo una media de 25,5%. Se reporta que semillas secas de 7% a 10% de humedad contienen de 32% a 40% de aceite (Falasca y Ulberich 2008). Sin embargo, los porcentajes de concentración de aceite pueden variar según el material de siembra. Según Betancur-Prisco *et al.* (2014) empleando el método de solventes el contenido de aceite en granos de jatrofa cultivados para biodiesel en Colombia fue de 29%. Por el método de solventes se puede extraer el 99% del aceite contenido en los granos, mientras que mediante el método de prensa utilizado en este estudio la eficiencia de extracción es de 77% (Blaak 2005).

Consecuentemente, el contenido potencial de aceite para este estudio sería del 33% si se empleara un método de extracción por solventes (Cuadro 2). Estos resultados son aproximados a la referencia de Loaiza *et al.* (2012) sobre evaluaciones de la producción de jatrofa realizadas en diversas zonas de vida en Costa Rica, donde se obtuvo un peso de 0,7 g semilla⁻¹ y una media de 34% de aceite en semillas secas.

La densidad del aceite resultó de 0,9084 g ml⁻¹, valor cercano a los reportados por Heller (1996) y Akbar *et al.* (2009). Valores altos del índice de yodo indican una alta insaturación de grasas y aceites (Knothe 2006, Kyriakidis y Katsiloulis 2000). El valor del índice de yodo determinado en el análisis fue de 133,4 g I₂/100 g (Cuadro 3), este valor resultó por arriba del valor límite máximo de 120 g I₂/100 g de la especificación europea EN 14214 y la ASTM D 6751 para biodiesel en Estados Unidos. En otros países, como el caso de Argentina el valor límite máximo es 135 g I₂/100 g y el valor máximo del índice de yodo para España está establecido en 140 en vez de 120 como propone la norma EN 14214 (Ganduglia *et al.* 2009, Jääskeläinen 2009).

Generalmente en los estudios realizados en América Latina y Asia, se han reportado valores del índice de yodo cercanos a 100 g I₂/100 g (Akbar *et al.* 2009, Araiza *et al.* 2015). Considerando que existen otras variedades de coquillo locales e introducidas, el valor del índice

de yodo encontrado puede ser propio de la variedad evaluada.

En el caso de la jatrofa los valores del índice de yodo sitúan su aceite en el grupo de aceites semi secos. El alto valor de yodo de la jatrofa es causado por un alto contenido de ácidos grasos insaturados, tales como: ácido oleico y linoleico. La limitación de ácidos grasos insaturados se hace necesaria debido al hecho de que el calentamiento de ácidos grasos insaturados superiores da lugar a la polimerización de glicéridos (Akbar *et al.* 2009).

Lo anterior puede conducir a la formación de depósitos o al deterioro de

la lubricación en los motores (Mittelbach y Renschmidt 2004). Los biocombustibles a partir de aceite de girasol, de soja o cártamo, tienen esta característica y pueden producir lodos gruesos en el sumidero del motor, cuando el combustible se filtra por los lados del cilindro en el cárter del motor (Gunstone 2004).

Tanto el ácido oleico (31,3%) como el ácido linoleico (30,3%) fueron detectados como ácidos grasos dominantes, mientras que el ácido palmítico y el ácido esteárico fueron los ácidos grasos saturados encontrados en el aceite de jatrofa (Cuadro 4). Estos resultados fueron aproximados a los de Heller (1996) y Akbar *et al.* (2009).

CUADRO 2. EFICIENCIA LOGRADA CON PRENSA EXPELLER Y POTENCIAL DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOLVENTES.

	Extracción Lograda (77%)	Extracción Potencial (99%)
Peso de semilla (g)	0,7	0,7
Aceite por kg de semilla (ml)	281	365
Rango (% de aceite/semilla seca)	22 a 28	-
Media (% de aceite/semilla seca)	25,5	33

CUADRO 3. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE CRUDO DE JATROFA.

Especificación del aceite	Unidad de Medida	Resultado Laboratorio
Densidad	g/mL	0,9084
Azufre	ppm	2,0
Humedad	%	0,1
Índice de Yodo	-	133,4
Impurezas	%	6,5

CUADRO 4. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE CRUDO DE JATROFA.

Ácidos Grasos	Unidad de medida	Resultado Laboratorio
Ácido Palmítico	%	16,50
Ácido Esteárico	%	6,40
Ácido Oleico	%	31,30
Ácido Linoleico	%	30,30
Ácido Linolénico	%	0,20

CONCLUSIONES

- El rendimiento promedio de aceite en semillas secas fue de 25,5%, con una eficacia de extracción de 77% empleando la extracción con prensa de tipo expeller, demostrando ser un método viable para la extracción del aceite de coquillo. Además, es posible considerar la adaptación de un motor para mecanizar la extracción.
- Para obtener 1,0 L de aceite crudo de jatrofa por el método de prensa expeller se requiere 3,5 kg de semillas secas al 7% de humedad.
- El ácido oleico (31,3%) y el ácido linoleico (30,3%) fueron detectados como ácidos grasos dominantes, mientras que el ácido palmítico y el ácido esteárico fueron los ácidos grasos saturados encontrados en el aceite de jatrofa. La densidad del aceite resultó de 0,9084 g ml⁻¹, y el valor del índice de yodo fue de 133,4 g I₂/100 g, valor que resultó por arriba

del valor máximo estándar de 120 g I₂/100 g de la especificación europea EN 14214 para biodiesel.

- La especificación europea tiene una excepción para el caso de España al haberse fijado el índice de yodo en 140, permitiendo la inclusión de los ésteres de girasol, algo más insaturados y con el índice de yodo más alto, permitiendo su uso como materia prima para producir biodiésel.

BIBLIOGRAFÍA

- Akbar, E; Yaakob, Z; Kamarudin, SK; Ismail, M; Salimon, J. 2009. Characteristics and Composition of Jatropha Curcas Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock. *European Journal of Scientific Research* 29(3):396-403.
- Almeida, J; Achten W, MJ; Duarte, MP; Mendes, B; Muys, B. 2011. Benchmarking the Environmental Performance of the Jatropha

- Biodiesel System through a Generic Life Cycle Assessment. *Environ. Sci. Technol.* 45(12):5,447-5,453.
- Araiza L, N; Alcaraz-Meléndez, L; Angulo E, MA; Reynoso-Granados, T; Cruz-Hernández, P; Ortega-Nieblas, M. 2015. Propiedades fisicoquímicas del aceite de semillas de *Jatropha curcas* de poblaciones silvestres en México (en línea). Consultado 29 mar. 2017. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652015000100009&lng=es&tlng=es.
- Betancur-Prisco, JC; Mira-Hernández, C; Santiago París-Londoño, L. 2014. Propiedades físicas y mecánicas de granos de *Jatropha curcas* cultivadas en Colombia Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* seed grown up in Colombia. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* no.73:187-199.
- Blaak, G. 2005. Piteba in The Tropics (en línea). Consultado 27 oct. 2016. Disponible en <https://www.piteba.com/eng/Guide%20to%20make%20edible%20oils.html>
- Cynthia, OB; Teong, LK. 2011. Feasibility of *Jatropha* oil for biodiesel: Economic Analysis. *In World Renewable Energy Congress*. Sweden (en línea). Consultado 25 abr. 2016. Disponible en http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol1/062/ecp57vol1_062.pdf
- Falasca, S; Ulberich, A. 2008. Potencialidad bioenergético sudamericana a partir de forestaciones con *Jatropha* sp. (*J. curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*) (en línea). *Revista Virtual REDESMA*. Consultado 27 mayo 2016. Disponible en <http://revistavirtual.redesma.org/vol4/articulo5.php?id=c1>
- Ganduglia, F; León, JG; Gasparini, R; Rodríguez, ME; Huarte, GJ; Estrada, J; Filguiras, E. 2009. Manual de biocombustibles (en línea). IICA, ARPEL. Consultado 29 mar. 2017. Disponible en http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf
- Gunstone, FD. 2004. Rapeseed And Canola Oil: Production, Processing, properties and uses. London: Blackwell Publishing Ltd. 240 p.

- Hawkins, D; Chen, Y. 2015. Future Harvest. 21st Century *Jatropha*. Hardman & Co. London, United Kingdom. 121 p.
- Heller, J. 1996. Physic nut, *Jatropha curcas*. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, IT.
- Holdridge, LR. 1967. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura. 216 p.
- Jääskeläinen, H. 2009. Biodiesel standards and properties (en línea). Consultado 29 mar. 2017. Disponible en https://www.dieselnet.com/tech/fuel_biodiesel_std.php
- Jaramillo, S. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín técnico nº 38. 67 p.
- Knothe, G. 2006. Analyzing biodiesel: standards and other methods. J. Am. Oil Chem. Soc. 83:823-833.
- Kyriakidis, NB; Katsiloulis, T. 2000. Calculation of iodine value from measurements of fatty acid methyl esters of some oils: comparison with the relevant American oil chemists society method. J. Am. Chem. Soc. 77:1235-1238.
- Loaiza, J; Arnaez, E; Moreira, I; Herrera, F; Ureña, A; Hernández, J. 2012. Guía técnica para el establecimiento y producción de *Jatropha curcas* en Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 90 p.
- Mittelbach, M; Remschmidt, C. 2004. Biodiesel: The Comprehensive Handbook. Boersedruck Ges. M.B.H., Vienna.
- Quinvita. 2013. *Jatropha curcas*: Nursery setup and plantation management. Quinvita training documents. (diapositivas).
- USP-NF (The United States Pharmacopeia and The National Formulary). 2012. U.S. Pharmacopoeia National Formulary, Volumen 1. USA. 2,350 p.