

Determinación de las propiedades físicas y carga crítica del aceite vegetal *Jatropha curcas* L

Determination of physical properties and critical load of *Jatropha curcas* L vegetable oil

Calixto Rodríguez-Martínez^I, Francisco Lafargue-Pérez^I, José Ángel Sotolongo-Pérez^{II}, Annarella Rodríguez-Poveda^{III}, Juliano Chitue de Assuncao Nascimento^{IV}

I. Universidad de Oriente. Facultad de Ingeniería Mecánica. Santiago de Cuba. Cuba

Correo electrónico: lafargue@fim.uo.edu.cu

II. Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible. CATEDES. CITMA. Guantánamo. Cuba

III. Instituto de Ingeniería Automotriz. Estado de Morelia. México.

IV. Universidad Jean Piaget de Angola. Benguela. República de Angola.

Recibido: 7 de octubre de 2011

Aceptado: 19 de julio de 2012

Resumen

En el trabajo se determinaron las propiedades físicas y la carga crítica del aceite de *Jatropha curcas* L, obtenido de las plantas cultivadas en la provincia de Guantánamo en Cuba. Estas propiedades fueron comparadas con las propiedades de otros aceites vegetales (aceite ricino, aceite de girasol, aceite de colza y aceite de soya) usados como biolubricantes. Los resultados mostraron que las propiedades físicas del aceite de *Jatropha curcas* L fueron similares a la mayoría de los aceites vegetales. La carga crítica del aceite de la *Jatropha curcas* L ocupa una posición intermedia entre el aceite ricino y los aceites de girasol, colza y soya, lo cual permite asegurar que el aceite de *Jatropha curcas* L es un buen candidato como biolubricante.

Palabras claves: biolubricantes, aceites vegetales, *Jatropha curcas* L, propiedades físicas, carga crítica.

Abstract

In this paper the physical properties and the critical load of the *Jatropha curcas* L oil, plantations located in Guantanamo province, Cuba were determined. These properties together with other vegetable oils (castor, sunflower, rapeseed and soybean oils) used as biolubricant were compared. These results have showed that the physical properties of the *Jatropha curcas* L oil were similar to most of vegetable oils. The critical load of *Jatropha curcas* oil has an intermediate position just castor oil and sunflower, rapeseed and soybean oils. *Jatropha curcas* oil has good potential as the renewable energy as well as biolubricant feedstock.

Key words: biolubricants, vegetable oils, *Jatropha curcas* L, physical properties, critical load.

Introducción

La disminución de las reservas mundiales de petróleo del cual se derivan los lubricantes minerales, unido al aumento de la conciencia ambientalista, han traído del pasado al presente a los aceites vegetales como una alternativa como lubricantes por ser renovables y por presentar una alta razón de biodegradabilidad [1- 6].

Los lubricantes biodegradables deben ser especialmente empleados en tribosistemas que trabajan bajo el principio de lubricación de un sólo paso o de pérdida total y en áreas ambientalmente sensibles, como son: manufactura de la madera, en la agricultura, la construcción y la industria de alimentos [7].

Entre los aceites vegetales más empleados como biolubricantes se encuentran el aceite de ricino, el aceite de colza, de girasol y soya [1, 2, 7], estos dos últimos de alta demanda como aceites comestibles, creando una gran contradicción con la crisis alimentaria mundial.

La planta *Jatropha curcas* L es nativa de la zona tropical de América Central, pero actualmente aparece en muchas zonas tropicales y subtropicales de África y Asia [8]. En Cuba existen dos zonas de plantaciones de *Jatropha curcas* L, en San José situado al sur este de la Habana y en la región semiárida de la franja costera sur de la provincia de Guantánamo [9]. El aceite de esta planta es tóxico, pues en él se ha encontrado alcaloides conocidos como ésteres de forbol [8, 10], por lo que no puede ser utilizado como un producto nutricional, siendo muy atractivo desde el punto de vista industrial. La producción de aceite de la semilla de *Jatropha curcas* L es de 1590 litros en cada hectárea por año, superior a la producción de los aceites vegetales, tales como: ricino, girasol, colza y soya que poseen una producción de 1320, 890, 1100 y 420 litros en cada hectárea por año respectivamente [11].

Los aceites vegetales con alto contenido de ácido graso monoinsaturado (ácido oleico) se consideran los más indicados para el uso como lubricantes, pues este ácido es quien le confiere un equilibrio entre una adecuada estabilidad oxidativa y fluidez [3, 5, 6]. En su estado natural el por ciento de ácido oleico presente en el aceite de *Jatropha curcas* L es superior al presente en los aceites de soya y girasol, solo superado por el aceite de colza [11].

Si bien el aceite de *Jatropha curcas* L posee un gran potencial para la producción de biodiesel [9-10], su evaluación tribológica como biolubricante ha sido poco estudiada [4].

Entre las propiedades físicas más importantes para la selección de los biolubricantes se encuentran: la viscosidad, densidad, índice de viscosidad, temperatura de inflamación y la temperatura de fluidez.

En la evaluación tribológica de los lubricantes es de gran interés conocer la carga crítica que soporta la película de lubricante a partir del cual ocurre el desgarre de las superficies de rozamiento [2].

El trabajo tiene como objetivo determinar las propiedades físicas fundamentales del aceite de *Jatropha curcas* L (densidad, viscosidad cinemática, índice de viscosidad, temperatura de inflamación y fluidez) y realizar una evaluación tribológica del mismo, empleándose una máquina de cuatro bolas, comparando sus resultados con los aceites vegetales más empleados como biolubricantes.

Métodos y Materiales

El aceite de *Jatropha curcas* L en estudio pertenece a la región semiárida de la franja costera sur de la provincia de Guantánamo en Cuba.

Las propiedades físicas de este aceite se determinaron en la Empresa de lubricantes CUBALUB, situada en carretera de Mar Verde en la provincia de Santiago de Cuba, empleando las normas establecidas ASTM según se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Normas ASTM de las propiedades físicas

Propiedades	Norma ASTM
Densidad a 15 °C (Kg/m ³)	D 1298
Viscosidad a 40 °C (mm ² /s)	D 445
Viscosidad a 100 °C (mm ² /s)	
Índice de viscosidad	D 2270
Temperatura de inflamación (°C)	D 92
Temperatura de fluidez (°C)	D 97

En la evaluación tribológica se emplea una máquina de 4 bolas (Fig. 1), donde se determina la capacidad de carga (carga crítica) del aceite de *Jatropha curcas* L a través de la norma ASTM D 2783. La carga crítica es la carga a partir del cual se rompe dicha película de lubricante y se produce el inicio del desgarramiento de la superficie en rozamiento o inicio del gripado, esta carga aparece cuando el diámetro medio de la huella de desgaste de las bolas inferiores, bajo cargas sucesivas posee un incremento mayor de 0.1 mm.



Fig. 1. Máquina de cuatro bolas

Resultados y Discusión

Desde el punto de vista estadístico, considerando todas las mediciones como el resultado de tres replicas, para un nivel de confianza del 95 %, en todos los casos el coeficiente de variación calculado fue menor que el permisible.

En la tabla 2 se muestran los resultados de las propiedades físicas del aceite de *Jatropha curcas* L y los aceites vegetales de ricino, girasol, colza y soya [12].

Tabla 2. Propiedades físicas de los aceites vegetales.

Aceite	Densidad 15 °C (Kg/m ³)	Viscosidad 40 °C (mm ² /s)	Viscosidad 100 °C (mm ² /s)	Índice Viscosidad	Temperatura de inflamación (°C)	Temperatura de fluidez (°C)
Ricino	950-975	252,00	19,90	90	295	-10
Girasol	920	28,00	7,30	210	202	-12
Colza	920	32,60	7,90	210	230	- 4
Soya	914	32,40	8,08	225	254	- 6
<i>Jatropha curcas</i> L	917	33,89	7,59	203	268	- 5

Comparando las propiedades físicas del aceite de *Jatropha curcas* L con los aceites, de girasol, de colza y de soya, todos poseen densidades similares, excepto el aceite ricino con una densidad algo superior.

Desde el punto de vista de la viscosidad todos los aceites excepto el de ricino se pueden clasificar con un grado de viscosidad ISO VG 32 (28-35 mm²/s.), mientras que el ricino clasifica con un ISO VG 220. (198- 242 mm²/s.).

La magnitud del índice de viscosidad del aceite de *Jatropha curca* L al igual que la del resto de los aceites vegetales, los clasifica como aceites de alto índice de viscosidad (índice de viscosidad mayor que 80) por lo que experimentarán baja variación de su viscosidad con respecto a la temperatura, aspecto que deben cumplir los aceites empleados como lubricantes.

La alta magnitud de la temperatura de inflamación del aceite de *Jatropha curca* L, sólo superado por el aceite ricino es una preferencia en los lubricantes, los cuales deben tener una baja volatilidad para que las altas temperaturas no provoquen incendio, durante su almacenamiento, transportación y explotación.

La temperatura de fluidez del aceite de *Jatropha curcas* L, es muy cercana a la temperatura de fluidez del aceite de colza y de soya, no representando un problema para su empleo en los países tropicales.

Conocida la viscosidad cinemática (ν - mm²/s) y la densidad (ρ - Kg/m³), se puede determinar la viscosidad dinámica (μ - N-s/m²) según la ecuación 1; esta última propiedad principal durante la lubricación fluida o hidrodinámica.

$$\mu = \frac{\nu \cdot \rho}{981} \tag{1}$$

Los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Viscosidad dinámica de los aceites vegetales.

Aceite	Densidad 40 °C (Kg/m ³)	Viscosidad Cinemática 40 °C (mm ² /s)	Viscosidad Dinámica 40 °C (N-s/m ²)
Ricino	933	252	0,2390
Girasol	903	28	0,0257
Colza	903	32,6	0,0300
Soya	897	32,40	0,0292
<i>Jatropha curcas</i> L	900	33,89	0,0311

Como se aprecia de la tabla 3, el aceite *Jatropha curca* L es el que posee mayor viscosidad dinámica a 40 °C con excepción del aceite de ricino, el que sobrepasa considerablemente a todos los aceites analizados.

En los resultados obtenidos en los ensayos en una máquina de 4 bolas que se muestra en la figura 2, se observa una coincidencia de la curva ideal y real de Hertz en el tramo AB, denominado línea de compensación, en la que existe una correspondencia entre el área de contacto determinado por las tensiones de Herzt y el diámetro de la huella de desgaste, donde no se produce el gripado o desgarre de la superficie de fricción. El punto C se corresponde con el inicio del gripado y es el punto correspondiente a la carga crítica con una magnitud para el aceite de *Jatropha curcas* L de 710 N.

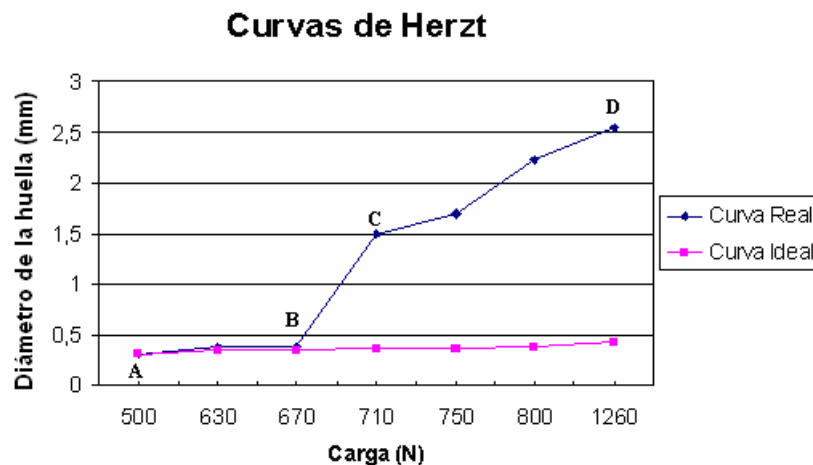


Fig. 2. Carga crítica del aceite vegetal de *Jatrofa curcas* L.

La comparación de la carga crítica de varios aceites vegetales [13] y el obtenido para el aceite de *Jatropha curcas* L se muestra en la tabla No. 4.

Tabla 4. Carga crítica de los aceites vegetales.

Aceite Vegetal	Carga crítica (N)
Ricino	630
Girasol	790
Colza	790
Soya	790
<i>Jatropha curcas</i> L	710

Como se puede apreciar la carga crítica del aceite de la *Jatropha curcas* L ocupa una posición intermedia entre el aceite ricino y los aceites de girasol, colza y soya.

Conclusiones

La magnitud de la viscosidad dinámica del aceite de *Jatropha curcas* L es ligeramente superior al de los aceites evaluados, con excepción del aceite de ricino, siendo esta propiedad de gran importancia para la obtención de un régimen de lubricación hidrodinámica.

La alta temperatura de inflamación obtenida en el aceite de *Jatropha curcas* L en comparación con los otros aceites analizados, es una propiedad importante en la lubricación de sistemas mecánicos que trabajan a altas temperaturas.

El índice de viscosidad obtenido clasifica al aceite de *Jatropha curcas* L como un aceite de alto índice de viscosidad.

La carga crítica del aceite de la *Jatropha curcas* L ocupa una posición intermedia entre el aceite ricino y los aceites de girasol, colza y soya, lo que representa desde el punto de vista de capacidad de carga una característica aceptable.

Los resultados obtenidos indican la posibilidad de empleo del aceite de *Jatropha curcas* L como biolubricante

Referencias

1. Brajendra, S., Adhavaryu, A., Pérez, J. *et al.* "Soybean Oil Based Greases: Influence of Composition on Thermo-oxidative and Tribochemical Behavior". *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 2005, vol. 53, p. 2961-2968. ISSN 0021-8561.
2. Calomir, C., Stefănescu, I., Solea, L. *et al.* "Vegetal oils as lubricating materials". *Tribology*. 2008. vol. 14, p. 154-160. ISSN 1221-4590.
3. Sukirno, Rizkon F., Setijo, B. *et al.* "Biogrease Based on Palm Oil and Lithium Soap Thickener: Evaluation of Antiwear Property". *World Applied Sciences Journal*. 2009, vol. 6, n° 3, p. 401-407. [Consultado el: 3 de junio de 2010]. Disponible en: <http://www.staff.ui.as.id/intrenal/131845371/publikasi/PaperinterpublishedlithiumWASI.pdf>. ISSN 1818-4952.
4. Mohd, T., Gunam, M. y Idrisz, A. "Production of Biodegradable Lubricant from *Jatropha curcas* and Trimethylolpropane". *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. 2009. vol. 7, p. 1-9. ISSN 1542-6580.
5. Mendoza G., Igartua A., Fernandez-Diaz, B. *et al.* "Vegetable oils as hydraulic fluids for agricultural applications". *Grasas y Aceites*. 2011. vol. 62, n° 1, p. 29-38. ISSN 0017-3495. DOI: 10.3989/gya. 056210.
6. Garcés, R., Martínez y E., Salas J. "Vegetable oil basestocks for lubricants". *Grasas y Aceites*. 2011. vol. 62, n° 1, p. 21-28, ISSN: 0017-3495.2011. DOI: 10.3989/gya. 056210.
7. Barriga, J., Aranzabe, A., Galda, P. *et al.* "Sunflower Based Grease for Heavy Duty Applications". *Mecânica Experimental*. 2006, vol. 13, p. 129-133. [Consultado el: 14 de marzo de 2011]. Disponible en: http://www.ext.lnes.pt/APANET/pdf/Rev_13_A12.pdf. ISSN 122 922.

8. Martínez, J., Siddhuraju, P., Francis G. *et al.* "Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico". *Food Chemistry*. 2006, vol. 96, p. 80-89. [Consultado el: 10 de septiembre de 2010]. Disponible en: http://www.corpoica.org.co/Sitio_Web/ Documento/Jatropha_Contrataciones/CHEMICAL_COMPOSITION_TOXIC.pdf. ISSN 0308-8146, DOI:10.1016/j.foodchem. 005.01.059.
9. Piloto, R., Goyos, L., Alfonso M. *et al.* "Characterization of *Jatropha curcas* oils and their derived fatty acid ethyl esters obtained from two different plantations in Cuba". *Biomass and Bioenergy* 2011. vol. XXX, p. 1-7. ISSN 1364-0321. DOI:10.1016/j.biombioe. 2011.06.003.
10. Akbar, E., Yaakob, Z., Kamarudin, S. *et al.* "Characteristic and Composition of *Jatropha Curcas* Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock Feedstock. *European Journal of Scientific Research*. 2009, vol. 29, n°. 3, p. 396-403. [Consultado el: 5 de agosto de 2010]. Disponible en: http://www.eurojournals.com/ejsr_29_3_11. ISSN 1450-216X.
11. De Assuncao, J., Lafargue, F. y Díaz, M. "Características y propiedades del aceite de *Jatropha curcas* L. Un resumen de diferentes investigadores". En: *I Conferencia Internacional de Ingeniería Mecánica y Energía*. Santiago de Cuba. Cuba. 2010. p.1-4. ISBN 978-959-207-399-9.
12. Ștefănescu I, Calomir, C. y Chiriță, G. "On the future of biodegradable vegetable lubricants used for industrial tribosystems". *Tribology*. 2002. vol. 13, p. 94-98. [Consultado el: 18 de mayo de 2011]. Disponible en: http://www.om.ugal.ro/AnnalsFasc8Tribology/pdf/2002/14_stefanescu.pdf. ISSN: 1221-4590.
13. Krachun, A. "Investigación de las propiedades de algunos aceites vegetales". *Revista Fricción y Desgaste*. 1990, no. 5, p. 229-232. ISSN 0202-4977.