

# Caracterización de una biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio

## Characterization of biogrease based on *Jatropha curcas* L vegetable oil and Lithium Soap Thickener

Juliano-Chitue-de-Assunção-Nascimento<sup>I</sup>, Francisco-Lafargue-Pérez<sup>II</sup>,  
Norberto-Barrera-Vaillant<sup>III</sup>, Manuel-Díaz-Velázquez<sup>IV</sup>, Calixto-Rodríguez-Martínez<sup>II</sup>

I. Instituto Superior Politécnico da Universida de Katyavala Bwila. Benguela. Republica Popular de Angola

Correo electrónico: [julianochitue@yahoo.com.br](mailto:julianochitue@yahoo.com.br)

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

III. Empresa Procesadora de Soya. Santiago de Cuba, Cuba

IV. Universidad de Oriente. Facultad de Ingeniería Química. Santiago de Cuba. Cuba

Recibido: 19 de enero de 2013

Aceptado: 23 de marzo de 2013

---

### Resumen

Los aceites vegetales poseen un gran potencial como fluido base y como sustituto de los aceites minerales para la formulación de grasas lubricantes, estos aceites son biodegradables y renovables. El objetivo del trabajo fue determinar las propiedades fisicoquímicas, antidesgaste y de extrema presión de una biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio. En el trabajo se emplearon los métodos de pruebas estándar para las grasas lubricantes. La biograsa posee un color amarillo claro, con una textura suave y homogénea, un grado de penetración NLGI 1, una temperatura de goteo de 145 °C, magnitudes adecuadas del contenido de álcalis libre y corrosión al cobre; así como propiedades antidesgaste y de extrema presión similares a otras grasas minerales y biograsas formuladas con diferentes aceites vegetales.

**Palabras claves:** biograsa, aceite de *Jatropha curcas* L, jabón de litio, propiedades fisicoquímicas, propiedades antidesgaste, propiedades de extrema presión.

### Abstract

Vegetable oils have a great potential as a base fluid and a substitute for mineral oil in grease formulation, these oils are biodegradable and renewable. In this paper were determined the physicochemical, antiwear and extreme pressure properties of a biogrease based on *Jatropha curcas* L vegetable oil and lithium soap thickener. In this work is using the lubricating greases standard test methods. The biogrease have a light yellow color, soft and homogeneous texture, a penetration grade NLGI 1, a drop point of 145 °C, appropriate magnitudes of free alkalis and copper corrosion; as well as antiwear and extreme pressure properties similar to the other mineral lubricating grease and formulated biogreases with differents vegetable oils.

**Key words:** biogrease, *Jatropha curcas* L vegetable oil, lithium soap thickener, physicochemical properties, antiwear properties, extreme pressure properties.

## Introducción

Una grasa lubricante es definida como un material sólido o semifluido, constituido por un agente espesante disperso en un líquido lubricante, donde pueden ser incluidos otros ingredientes o aditivos en pequeñas cantidades, que mejoran ciertas propiedades específicas tales como su estabilidad mecánica, resistencia a la corrosión, consistencia, color, resistencia al calor, etc. [1]. El porcentaje de los componentes de las grasas puede variar en un amplio rango, el aceite base entre 60-95 %, el espesante entre 5-25 % y los aditivos entre 0-10 % [2].

Las grasas lubricantes se introducen en los sistemas tribológicos para controlar o disminuir la fricción como vía directa para el ahorro energético y controlar o disminuir el desgaste para el ahorro de materiales y piezas de repuesto, al mismo tiempo poseen ciertas ventajas respecto a los aceites lubricantes, tales como: son más adhesivas y de esta forma son más fáciles de retener en los cojinetes o unión tribológica, poseen menor coeficiente de fricción y mejoran el sellaje y la protección de las superficies contra la corrosión [3].

Aproximadamente el 50 % de todos los lubricantes que se generan anualmente en el mundo, se vierten al medio ambiente, donde aproximadamente del 85 al 95 % de estos son de origen mineral [4, 5], esto incluye a las grasas lubricantes, donde su producción en el año 2008 fue de 1,02 billones de kilos [6]. Estas acciones han provocado cambios profundos en la atmósfera, el agua, el suelo, la vegetación, los animales y en la propia salud del hombre, por lo que la política del desarrollo ha tenido que cambiar por una política sustentable y medio ambientalista, en especial en el desarrollo de lubricantes, de ahí desde hace aproximadamente unos 23 años atrás ha cambiado la mirada hacia el uso de grasas lubricantes biodegradables, también denominadas biograsas que emplean aceite base de origen vegetal (aceite de colza, aceite ricino, aceite de soya, aceite de girasol y aceite de palma) [7,8]. Entre las ventajas que poseen estas biograsas respecto a las grasas minerales, es que su aceite base es un recurso renovable. La caracterización de estas biograsas por diferentes investigadores, muestran propiedades similares a las grasas minerales y en algunos casos mejor comportamiento tribológico durante el régimen de lubricación límite y elastohidrodinámico, debido a su componente polar [9].

Si bien el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L posee un gran potencial para la producción de biolubricantes [10], no ha sido caracterizada una biograsa que posea este producto como aceite base.

El objetivo del trabajo es determinar las propiedades fisicoquímicas, antidesgaste y de extrema presión de una biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio.

En el trabajo se emplearon los métodos de pruebas estándar para las grasas lubricantes, obteniéndose una biograsa de color amarillo claro con una textura suave y homogénea, con un grado de penetración NLGI 1, una temperatura de goteo de 145 °C, con magnitudes adecuadas del contenido de álcalis libre y corrosión al cobre; así como propiedades antidesgaste y de extrema presión similares a otras grasas minerales y biograsas formuladas con diferentes aceites vegetales.

## Materiales y Métodos

En el trabajo se emplea una biograsa de jabón de litio que posee como aceite base el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L con refinado químico o alcalino [11]. La formulación de esta grasa lubricante comprende una relación jabón de litio/aceite base (1, 8. 6) y 3 % en peso de aditivo antioxidante correspondiente al acetato alfa tocoferol.

Las propiedades fisicoquímicas (color, penetración, temperatura de goteo, contenido de álcalis libre y corrosión al cobre), antidesgaste y de extrema presión (carga crítica y carga de soldadura) de las grasas suelen definirse y medirse mediante ensayos tecnológicos normalizados por varias organizaciones como la *American Society for Testing and Materials* - ASTM en Estados Unidos, las cuales son empleadas en el trabajo y se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Principales métodos y ensayos normalizados para grasas lubricantes

Propiedades	Norma ASTM D
Color	Visual
Penetración trabajada 25 °C, a 60 golpes, 1/10 mm.	ASTM D-217
Temperatura de goteo, °C	ASTM D-566
Contenido de álcalis libre, %.	ASTM D-128-98
Corrosión al cobre, 100 °C, 3hr.	ASTM D-130
Carga crítica, N.	ASTM D-2596 - 97
Carga de soldadura, N.	
Desgaste, 392 N, 1hr, mm.	ASTM D 2266 - 91

El color en las grasas se determina visualmente. En las grasas no existen patrones de color, estas pueden de diferentes colores, pueden ser de color amarillo, marrón, gris y negro, siendo más clara o más oscura. En algunas grasas el fabricante utiliza un colorante para poder distinguir una de otra.

La consistencia de una grasa lubricante caracteriza la firmeza o dureza relativa de una grasa y depende básicamente de la relación entre el espesante y el aceite base. La consistencia es un factor importante en la capacidad de lubricación, de sellaje, de permanencia en su sitio y facilidad con que puede ser aplicada. El *National Lubricating Grease Institute* - NLGI, estableció una clasificación de las grasas en función de su consistencia, la cual se determina experimentalmente por la penetración producida por la caída de un cono estándar en una muestra de grasa a la temperatura de 25 °C durante cinco segundos. La penetración se expresa en décimas de milímetros y entre mayor es la penetración menor es su consistencia y por tanto mas blanda es la grasa. En la medición de la consistencia de la biograsa se empleó un penetrómetro modelo P7134 digital.

La temperatura de goteo es la temperatura, donde la grasa pasa del estado semi-sólido al líquido e indica la temperatura límite máxima a la que la grasa retiene su estructura. La determinación de esta temperatura, está basada en el suministro de calor a una pequeña porción de grasa, que se encuentra en un recipiente especial que posee un orificio calibrado en el fondo o parte inferior, entonces se medirá la temperatura a la cual cae la primera gota de grasa.

En las grasas lubricantes siempre hay excesos de álcalis y/o ácidos, sin embargo no se permite una elevada concentración de los mismos, porque no sólo influyen en las propiedades de las grasas, sino que pueden provocar la corrosión de las piezas a lubricar. El contenido de álcalis libre se determinó pesando unos 10 gramos de biograsa disolviéndola en 75 ml de hexano, mezclado con 50 ml de alcohol al 95 %, luego se añaden gotas de fenoltaleína agitándose el contenido, si la capa alcohólica después de unos segundos se torna rosada, se adiciona 10 ml de ácido clorhídrico 0.5 N, luego se calienta 10 minutos, se valora el exceso de ácido con una solución de hidróxido de potasio 0.5 N y luego se determina la alcalinidad libre en término de la base predominante de hidróxido.

La prueba de corrosión al cobre ofrece una medida de la corrosividad de la grasa. Esta se realiza introduciendo una lámina de cobre pulida en una determinada cantidad de la grasa a la temperatura de 100 °C, durante tres horas, luego la lámina de cobre se extrae, se seca y se compara con láminas patrón o estándar.

La magnitud de la carga crítica, la carga de soldadura y el desgaste se determinan en una máquina de cuatro bolas. La carga crítica y la carga de soldadura se determinan mediante el ensayo de extrema presión de las grasas lubricantes, en la cual se mide el diámetro de la huella de desgaste de las bolas inferiores con la aplicación de cargas con incremento sucesivo para un tiempo de  $10 \pm 2$  segundos y una velocidad de rotación de  $1770 \pm 60$  rpm hasta obtener la carga crítica, a partir del cual se rompe la película de lubricante y se produce el inicio del desgarramiento de la superficie en rozamiento o el gripado. La carga de soldadura caracteriza la capacidad límite de trabajo del lubricante en condiciones de prueba, en la que la película de lubricante pierde sus propiedades físicas y mecánicas y es considerada la menor carga a la que ocurre la parada automática de la máquina cuando alcanza el momento de fricción de  $1180 \pm 2.5$  N cm, o un diámetro de 4 mm en la soldadura de las cuatro bolas [12].

En la determinación del desgaste se aplica una carga constante de  $392.6 \pm 2$  N con una velocidad de rotación  $1200 \pm 50$  rpm con una duración de  $60 \pm 1$  minutos. La morfología de la huella de desgaste de las

bolas inferiores fueron observadas con un Microscopio Stereo Novel modelo NSZ-606 con un acercamiento de 150 X.

El material de las bolas empleadas es el acero estándar AISI No. E-52100 con un diámetro de 12.7 mm, una rugosidad superficial  $Ra=0.035 \mu\text{m}$  y una dureza HRC 65.

Se realizaron un total de tres réplicas en cada experimento.

Las magnitudes de algunas propiedades de la grasa de jabón de litio de uso comercial Lisan 2, tales como álcalis libre, carga crítica y la carga de soldadura fueron tomadas del Catálogo de especificaciones de productos de la Empresa Cubana de Lubricantes CUBALUB.

## Resultados

Los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas, antidesgaste y de extrema presión de la biograsa se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Propiedades fisicoquímicas, antidesgaste y de extrema presión de la biograsa

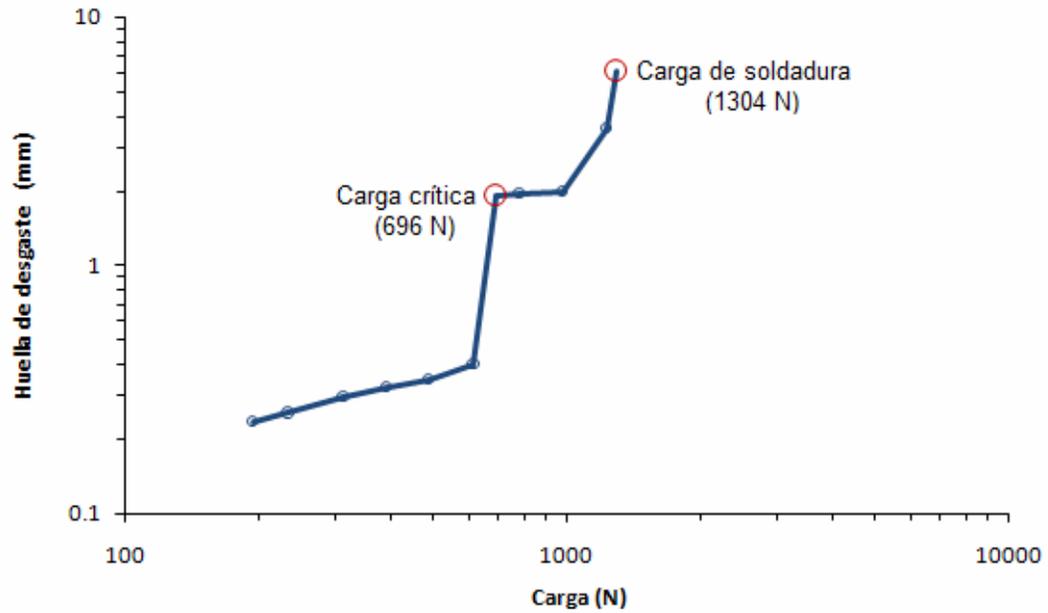
Color	Amarillo claro
Penetración trabajada 25 °C, a 60 golpes, 1/10 mm.	$322 \pm 2.31$
Temperatura de goteo, °C.	$145 \pm 1.73$
Contenido de álcalis libre, %.	$0.048 \pm 0.002$
Corrosión al cobre, 100 °C, 3hr.	1a
Carga crítica, N.	696
Carga de soldadura, N.	1304
Desgaste, 392.4 N, 1hr, mm.	$0.775 \pm 0.014$

El aspecto físico de la biograsa en la que se observa su color y textura se muestra en la en la figura 1.



**Fig. 1.** Aspecto físico de la biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio

La figura 2 muestra los resultados derivados a partir del ensayo de extrema presión con las magnitudes de la carga crítica y la carga de soldadura.



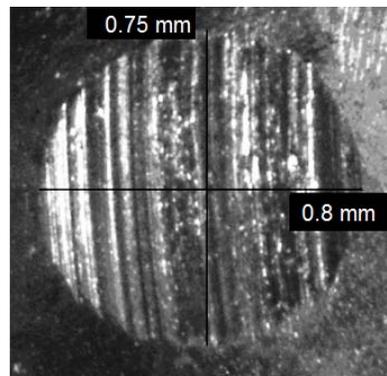
**Fig. 2.** Curva carga-desgaste para extrema presión

La fuerte unión soldada que se obtuvo en el ensayo de extrema presión, es capaz de mantener unidas las cuatro bolas como se muestra en la figura 3.



**Fig. 3.** Soldadura de las cuatro bolas para ensayo de extrema presión

La morfología de la huella de desgaste en las bolas inferiores puede observarse en la figura 4.



**Fig. 4.** Diámetro de la huella de desgaste, acercamiento 150X

## Discusión

La biograsa de aceite de *Jatropha curcas* L y jabón de litio presenta color un amarillo claro con una textura suave y homogénea como se muestra en la figura 1.

La magnitud de la penetración trabajada ubica a esta grasa con un grado de consistencia NLGI 1, es decir se trata de una grasa multipropósito muy blanda recomendada a emplear por su grado de consistencia en cojinetes de rodamientos y deslizamiento, mejor recomendada que los grados de consistencia NLGI 2 y NLGI 3 en el uso en sistemas centralizados, lubricación de engranajes, sistemas de pérdida total y en sistemas tribológicos que trabajen a temperaturas más bajas. Biograsas con similar consistencia NLGI 1 son fabricadas a partir de los aceites vegetales de ricino [6], palma [13] y soya [2, 14].

La temperatura de goteo es de 145 °C. Para las grasas lubricantes de jabón de litio esta temperatura puede variar en un amplio rango desde cerca de 150 °C hasta valores de alrededor de 200 °C, donde los menores valores se corresponden generalmente con grasas que presentan las más bajas consistencias [13, 14].

La magnitud del álcalis libre es de 0.048 %, la cual se corresponde con la recomendada para las grasas de jabón de litio de uso comercial, con una magnitud inferior al 0.1 %. Esta magnitud de álcalis libre asegura la neutralización de los ácidos libres que se puedan formar durante el proceso oxidación de la biograsa.

La prueba de corrosión al cobre resultó 1a, siendo este el grado más bajo en cuanto a la acción corrosiva de la grasa respecto a la tira de cobre, esto es corroborado por el resultado obtenido en el porcentaje de álcalis libre en la grasa y su carácter no ácido, siendo en tal sentido una biograsa de calidad.

La carga crítica correspondió a una magnitud de 696 N (figura 2) para un diámetro de huella de 1.89 mm, esta carga es comparable con la carga crítica de la grasa mineral comercial de jabón de litio Lisan 2, cuya magnitud debe ser superior o igual a 540 N.

La carga de soldadura de la biograsa fue de 1304 N (figura 2), esta carga también es comparable con la magnitud de la carga de soldadura para la grasa Lisan 2, la cual debe ser mayor o igual que 1236 N, pero también es similar a la que presenta la biograsa de aceite de palma y jabón de litio, cuya magnitud es igual a 1373.4 N [13]. En la figura 3 se muestran las cuatro bolas fuertemente soldadas y dispuestas en forma de un tetraedro equilátero.

La huella de desgaste de la biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio posee un diámetro medio de 0.775 mm, similar a la obtenida por otras biograsas, como las de aceite de soya y jabón de litio [2,14], cuyas huellas de desgaste pueden variar entre 0.82 y 0.90mm.

La morfología de la huella de desgaste en las bolas inferiores sometidas a cargas y al esfuerzo por fricción por deslizamiento (figura 4) corresponde a una fricción de materiales idénticos con un alto grado de acabado superficial, donde es característico el desgaste adhesivo en la que se presentan surcos y rayas paralelas en la dirección del deslizamiento.

## Conclusiones

La biograsa evaluada posee propiedades fisicoquímicas, antidesgaste y de extrema presión comparable con otras biograsas que emplean aceite base de origen vegetal, e incluso con otras grasas comerciales de origen mineral, por lo que puede considerarse como una verdadera alternativa para la lubricación de elementos mecánicos.

## Referencias

1. Neale, M. J. *The Tribology Handbook*. 2da ed. Gran Bretaña: Butterworth-Heinemann.1995. 574 p. p. 291-294. ISBN 0 7506 1198 7.
2. Brajendra, S., Adhavaryu, A., Pérez, J. *et al.* "Biobased grease with improved oxidation performance for industrial application". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, vol. 54, p. 7594 –7599. ISSN 0021-8561.
3. Sukirno, L. y Rizkon, F. "Anti-wear properties of bio-grease from modified palm oil and calcium soap thickener". *Agricultural Engineering International*. 2010, vol.12, n° 2, p.64-69. [Consultado el: 8 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1337/1341>. ISSN 1682-1130.
4. Mendoza, G., Igartua, A., Fernández-Díaz, 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.

5. Raimondas, K., Juozas, P., Bronislovas, S. *et al.* "Investigation of environmentally friendly lubricants". En: Environmental Engineering - The 8th International Conference. Vilnius, Lituania. 2011. p. 174-177. [Consultado el: 12 de Septiembre de 2012]. Disponible en: [http://leidykla.vgtu.lt/conferences/Enviro2011/Articles/1/174\\_177\\_Kreivaitis\\_others.pdf](http://leidykla.vgtu.lt/conferences/Enviro2011/Articles/1/174_177_Kreivaitis_others.pdf) . ISBN 978-9955-28-826-8.
6. Sánchez Martínez, R. "Formulación y procesado de oleogeles para el desarrollo de nuevas grasas lubricantes biodegradables". Tutor: Franco Gómez J.M. Gallegos Montes C. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica, Universidad de Huelva, España, 2011. [Consultado el: 23 de julio de 2012]. Disponible en: <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/4981/b16215424.pdf>.
7. Komiya, H. "Rolling Bearing Lubrication Technology Trends and R & D Efforts". *Engineering Journal*. English Edition. 2007. n°.1003E, p. 50-58. [Consultado el: 21 de junio de 2011]. Disponible en: [http://eb-cat.ds-navi.co.jp/enu/jtekt/tech/ej/img/no1003e/1003e\\_10.pdf](http://eb-cat.ds-navi.co.jp/enu/jtekt/tech/ej/img/no1003e/1003e_10.pdf) . ISSN 1881-4093.
8. Nizam, M.K. y Abdul Bari H. A. "The use of vegetable oil in lubricant as base oil: a review". En: *National Conference on Postgraduate Research*. Universiti Malaysia Pahang. Malaysia. 2009. p.123-127. [Consultado el: 23 de julio de 2012]. Disponible en: <http://umpir.ump.edu.my/1616/1/15.pdf> . ISBN 978-967-5080814.
9. Kazan, B. y Vizintin, J. "New biodegradable universal tractor transmission oil based on vegetable oil". *Goriva I Maziva*, 2002. vol. 41, n° 4, p. 199-225. ISSN 0350-350X.
10. Rodríguez Martínez, C., Lafargue Pérez, F., Sotolongo Pérez, J. A. *et al.* Determinación de las propiedades físicas y carga crítica del aceite vegetal *Jatropha curcas* L. *Ingeniería Mecánica*. 2012. vol. 15, n°. 3, p. 170-175. [Consultado el: 28 de octubre de 2012]. Disponible en: <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/download/427/784>. ISSN 1815-5944.
11. Lafargue Pérez, F. *et al.* "Caracterización físico-química del aceite de *Jatropha curcas* L". *Tecnología Química*. 2012. vol. 32, n°. 2, p. 162-165. [Consultado el: 14 de Junio de 2012]. Disponible en: <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/article/view/14312207/2746>. ISSN 0041 - 8420.
12. Losada, C., Om, N. y Rodríguez, J. "Tribología y lubricación en ensayos de banco". *Ciencia Ergo Sum*. 2001. vol. 8. n° 2, p. 184-190. [Consultado el: 2 de Febrero de 2011]. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/104/10402109.pdf>. ISSN 1405-0269.
13. Ghazali, R., Yusof, M. y Ahmad, A. "Non-Food Applications of Palm-Based Products - Market Opportunities and Environmental Benefits". *Palm Oil Developments*. 2006. vol. 44, p. 8-14 [Consultado el: 3 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://ebookbrowse.com/non-food-applications-of-palm-based-products-market-opportunities-and-environmental-benefits-pdf-d247979321>. ISSN 0127-3329.
14. Florea, O., Luca, M. y Steliean, C. "Ecological lubricating greases". *Tribology in Industry*, vol. 26, n°. 1-2, 2004. [Consultado el: 3 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://www.tribology.fink.rs/journals/2004/1-2/9.pdf>. ISSN 2217-7965.