

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

## *Rheological Behaviour on Biogrease Based on Jatropha Curcas L oil and Lithium Soap Thickener*

MSc. Juliano Chitue-de-Assunção-Nascimento<sup>I</sup>, [julianochitue@yahoo.com.br](mailto:julianochitue@yahoo.com.br),  
Dr. Francisco Lafargue-Pérez<sup>II</sup>, [lafargue@fim.uo.edu.cu](mailto:lafargue@fim.uo.edu.cu), Dr. Manuel Díaz-Velázquez<sup>III</sup>,  
[mano@fiq.uo.edu.cu](mailto:mano@fiq.uo.edu.cu), Calixto Rodríguez-Martínez<sup>II</sup>, [calixto@fim.uo.edu.cu](mailto:calixto@fim.uo.edu.cu), MSc. Jorge  
Luís García-Rodríguez<sup>IV</sup>, [jluis@cnea.uo.edu.cu](mailto:jluis@cnea.uo.edu.cu),

<sup>I</sup>Instituto Superior Politécnico de la Universidad Katyavala Bwila, República de Angola, <sup>II</sup>Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, <sup>III</sup>Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, <sup>IV</sup>Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

*Investigaciones y el desarrollo de nuevas grasas lubricantes biodegradables (biograsas) son cada vez más necesarios como forma de aumentar la oferta de lubricantes amigables con el medio ambiente. La reología es definida como el estudio de la deformación y el flujo de los materiales, donde la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación define el comportamiento reológico de las grasas lubricantes. El objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento reológico de una biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio a diferentes temperaturas (26 °C, 40 °C y 60 °C). Los parámetros reológicos, tales como el esfuerzo cortante y la viscosidad aparente, ambos en función de la velocidad de deformación, fueron analizados usando un reómetro ThermoHaake 550. El comportamiento de la biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio fue ajustado según el modelo reológico Bulkley - Herschell.*

**Palabras clave:** *biograsa, comportamiento reológico, *Jatropha curcas* L.*

*Research and development of new biodegradable lubricating greases (biogreases) have become more necessary in the increase offer of environmental friendly lubricants. Rheology is defined as a study in shape change and flow of matter, where the relationship between the shear stress and the shear deformation rate defines the rheological behavior of lubricating greases. The objective of this work was to analyze the rheological behavior of biogrease based on *Jatropha curcas* L oil and lithium soap thickener at different temperatures (26 °C, 40 °C and 60 °C). The rheological parameters, such as shear stress and apparent viscosity, both as functions of deformation rate, were analyzed using a ThermoHaake Rheometer 550. Biogrease based on *Jatropha curcas* L oil and lithium soap thickener behavior were obtained by adjust in Bulkley – Herschell rheological model.*

**Key words:** *biogrease, rheological behaviour, *Jatropha curcas* L.*

## Introducción

La Reología es la ciencia que estudia la deformación y el flujo de los materiales /1/. El estudio reológico de las grasas lubricantes está aumentando en los últimos años debido al marcado carácter pseudoplástico y la fuerte dependencia que tienen las propiedades de las grasas con el tiempo /2/. Por otro lado, el uso de grasas lubricantes, empleando como aceite base los aceites vegetales de fácil biodegradabilidad, es un gran potencial para la sustitución de las grasas lubricantes minerales /3, 4/, sobre todo teniendo

en cuenta la escasez y el alto precio cada vez más creciente del petróleo, así como su efecto negativo al medio ambiente. El trabajo tiene como objetivo determinar el comportamiento reológico de una biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio con un grado de consistencia NLGI 1.

## Fundamentación teórica

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, etcétera. /5/.

Los fabricantes de grasas lubricantes cada día muestran mayor interés en la caracterización reológica de éstas como complemento o sustitución de los ensayos tecnológicos tradicionales /2/.

Es conocido que las grasas lubricantes están clasificadas como un fluido no newtoniano, donde su viscosidad aparente varía con la velocidad de deformación y que el modelo Bulkley – Herschell es el que rige su comportamiento reológico /6/. Este modelo presenta, entre otras, la ventaja de que pueden ser utilizados los resultados teóricos y prácticos que aparecen en la literatura para describir el flujo de materiales que siguen este modelo a través de conductos y otros aparatos. Por otro lado, la estructura espacial de las grasas lubricantes se destruye parcialmente cuando es sometida a las cargas de explotación, siendo una de las propiedades más importantes de las grasas, su capacidad de restablecer la estructura cuando cesan las deformaciones a que son sometidas, las cuales se denominan propiedades tixotrópicas, o simplemente tixotropía /7/.

Los efectos tixotrópicos son más notables en las grasas no homogenizadas, en la que las curvas de flujos presentan una histéresis al aumentar y luego disminuir los valores de velocidad de deformación en un amplio rango /8/.

## Métodos utilizados y condiciones experimentales

La grasa lubricante en estudio es una biograsa de jabón de litio (figura 1), la cual está constituida por el aceite base, que no es más que el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L con refinado químico o alcalino /9/, el ácido 12-hidroxiestearico (12 OHST) y el hidróxido de litio monohidratado ( $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ), los cuales forman el espesante y el aditivo antioxidante acetato alfa tocoferol, siendo en este caso una biograsa de consistencia grado NLGI 1.



**Fig. 1 Biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio.**

En la determinación del comportamiento reológico se emplea un reómetro tipo ThermoHaake 550 de cilindros concéntricos (figura 2), el cual permite variar la velocidad de deformación en un rango de hasta 10 velocidades, permitiendo además variar la temperatura. En el ensayo se determinaron los parámetros reológicos, tales como el esfuerzo cortante y la viscosidad aparente para las temperaturas de 26 °C, 40 °C y 60 °C.



**Fig. 2 Equipos de ensayo: a) Reómetro ThermoHaake 550, b) Calefactor.**

El comportamiento de la grasa fue evaluado por el modelo reológico Bulkley–Herschell, ampliamente empleado en las grasas lubricantes, dada por la ecuación (1).

$$\tau = \tau_0 + K(\dot{\gamma})^n \quad (1)$$

donde:

$\tau$  esfuerzo cortante (Pa)

$\tau_0$  esfuerzo cortante inicial (Pa)

K índice de consistencia.

$\dot{\gamma}$  velocidad de deformación ( $s^{-1}$ )

n índice de flujo

## Resultados y discusión

En la figura 3 se muestra el reograma o curva de flujo de la biograsa lubricante, donde se observa que a iguales valores de velocidad de deformación,

el esfuerzo cortante disminuye con el incremento de la temperatura, característico de los materiales que presentan plasticidad y se debe al debilitamiento de la estructura espacial de la biograsa al aumentar la temperatura, dado el incremento del movimiento browniano de las partículas. El mayor cambio de los esfuerzos cortantes tiene lugar en el intervalo de 26 °C a 40 °C y el menor cambio es en el intervalo de 40 °C a 60 °C. También existe un incremento del esfuerzo cortante con la velocidad de deformación en el rango evaluado, siendo este comportamiento característico de las grasas lubricantes o plásticos reales, los cuales pueden describirse por el modelo reológico Bulkley-Herschell.

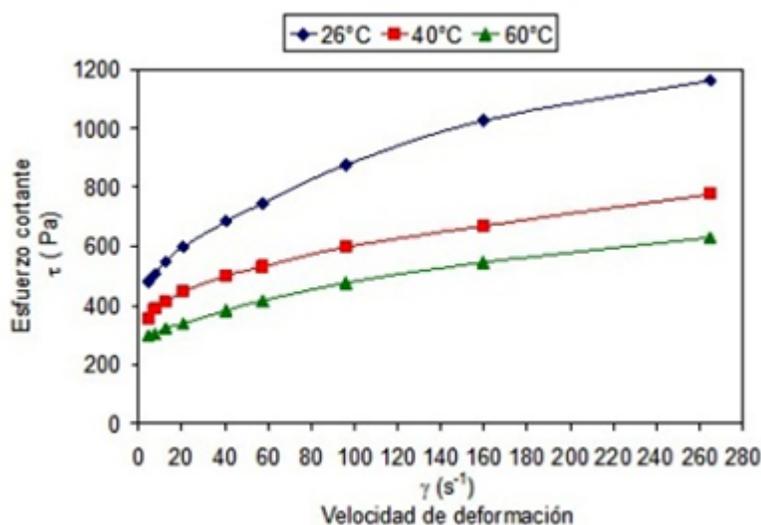


Fig. 3 Reograma de la biograsa evaluada.

Los parámetros del modelo reológico Bulkley–Herschell ajustado para cada temperatura se

muestran en la tabla 1, donde se obtiene un coeficiente de correlación mayor de 0,99.

Tabla 1  
Parámetros del modelo Bulkley–Herschell

Temperatura	$\tau_0$ (Pa)	K (Pa.s) <sup>n</sup>	n	R
26 °C	344,7	64,4	0,4	0,997 6
40 °C	278	44,6	0,4	0,998 9
60 °C	252,2	17,1	0,5	0,998 5

El efecto de la tixotropía de la biograsa se muestra en la figura 4, donde se observa una reducción del esfuerzo cortante y con ello la viscosidad aparente de la biograsa en la segunda medida, al disminuir progresivamente la velocidad

de deformación observándose los lazos de histéresis o ciclo de tixotropía. En todos los casos de temperatura se trata de una tixotropía positiva correspondiente a un comportamiento real. Las áreas comprendidas dentro del lazo de histéresis

es una medida cuantitativa del grado de tixotropía del material. Puede observarse que dichas áreas se reducen al aumentar la

temperatura, lo cual indica que, al debilitarse los enlaces que forman la estructura de las grasas, los efectos tixotrópicos disminuyen.

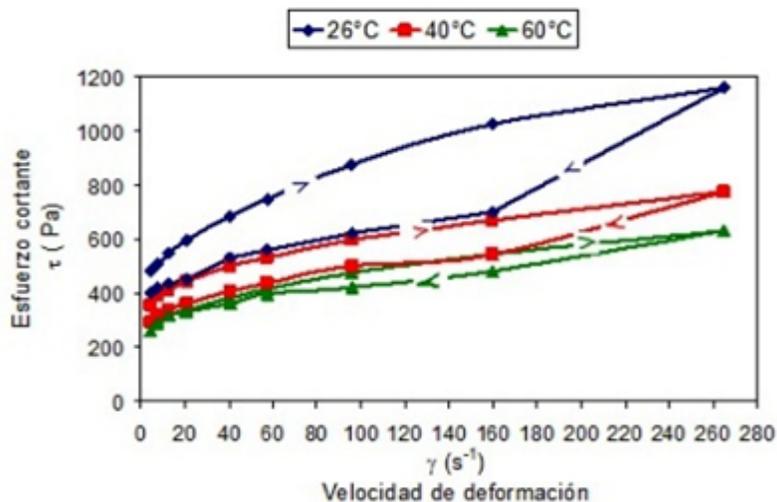


Fig. 4 Curva de flujo y lazos de histéresis.

La disminución del efecto de la tixotropía puede obtenerse con un mayor grado de homogeneización, lo cual es característico de grasas elaboradas a nivel industrial.

Una medida del debilitamiento irreversible de la estructura, lo constituye el hecho de que inicialmente, las curvas de flujo (obtenidas con valores ascendentes de la velocidad de deformación) parten de un valor de esfuerzo cortante inicial, el cual representa la fortaleza de la estructura, sin embargo la curva de flujo obtenida, con los valores descendentes de la velocidad de

deformación, que cierran el lazo de histéresis, no muestran los mismos valores de los esfuerzos cortantes iniciales, sino que terminan en valores inferiores (tixotropía irreversible), siendo menos marcado a medida que se incrementa la temperatura.

En la figura 5 se observa la variación de la viscosidad aparente de la biograsa con respecto a la velocidad de deformación y la temperatura. A medida que aumenta la velocidad de deformación disminuye la viscosidad aparente para las tres temperaturas evaluadas, igualmente la velocidad aparente disminuye con el incremento de la temperatura.

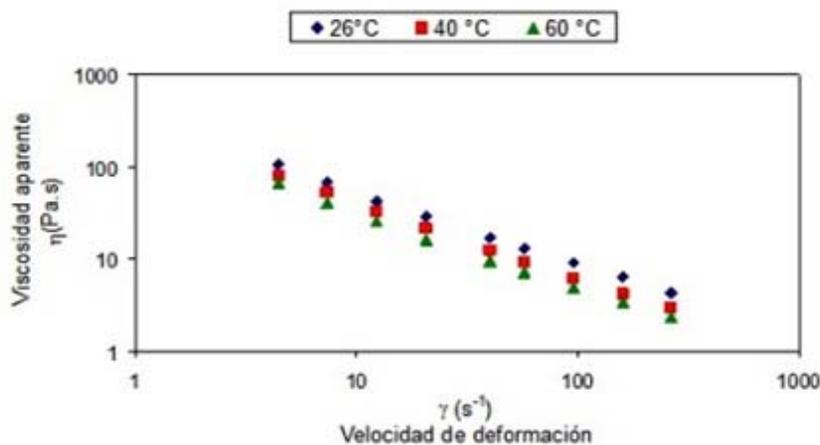


Fig. 5 Viscosidad aparente de la biograsa en función de la velocidad de deformación y la temperatura.

---

## Conclusiones

La biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y jabón de litio se comporta perfectamente como un material no newtoniano (plástico real), cuyas curvas de flujo pueden ser descritas por el modelo Bulkley–Herschell.

La curva de flujo o reograma de la biograsa muestra que a iguales valores de velocidad de deformación el esfuerzo cortante disminuye con el incremento de la temperatura, el mayor cambio de los esfuerzos cortantes tiene lugar en el intervalo de 26 °C a 40 °C y el menor cambio es en el intervalo de 40 °C a 60 °C.

La presencia de lazos de histéresis en las curvas de flujo de la biograsa constituye una manifestación de su tixotropía positiva, la cual disminuye con el incremento de la temperatura.

La biograsa presenta una tixotropía irreversible, donde las curvas de flujo obtenidas con valores ascendentes de la velocidad de deformación parten de un valor de esfuerzo cortante inicial superior al obtenido con los valores descendentes de la velocidad de deformación, que cierran el lazo de histéresis. Este comportamiento es menos marcado a medida que se incrementa la temperatura.

Mientras aumenta la velocidad de deformación, disminuye la viscosidad aparente para las tres temperaturas evaluadas; igualmente la velocidad aparente disminuye con el incremento de la temperatura. Este comportamiento es característico de las grasas lubricantes de uso comercial.

## Bibliografía

- STEEFE, J. F. *Rheological methods in food process engineering*. 2da ed. Págs. 418. Freeman Press, USA, 1996.
- SÁNCHEZ MARTÍNEZ, R. *Formulación y procesado de oleogel para el desarrollo de nuevas grasas lubricantes biodegradables*. Tesis para obtener el título de Doctor. Huelva. Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica, Universidad de Huelva, 284. Págs. 2011.
- SUKIRNO, RIZKON F. *et al.* "Biogrease Based on Palm Oil and Lithium Soap Thickener: Evaluation of Antiwear Property". *World Applied Sciences Journal*. vol. 6, No. 3, 2009. Págs. 401-407.
- BRAJENDRA, K. S. *et al.* "Soybean oil based greases: Influence of composition on thermo-oxidative and tribochemical behavior". *Journal of Agricultural Food Chemistry*. USA. vol. 53, 2005. Págs. 2961-2968.
- NEALE, M. J. *The Tribology Handbook*. 2da ed. Págs. 574. Butterworth-Heinemann, Gran Bretaña, 1995.
- RĂDULESCU, Rădulescu ALEXANDRU, SAVU Tom. "Rheological properties of the lubricating greases-simulating virtual instrument". *Tribology*. Rumania, 2004. Págs. 30-34.
- FLOICHTIETIER G.B; *et al.* *Propiedades reológicas y termofísicas de las grasas plásticas*. Editorial Moscú. URSS. 1980.
- RODRÍGUEZ, J. E. *Estudios de la sustitución de medios dispersantes importados por medios dispersantes de producción nacional, en la fabricación de grasas plásticas lubricantes de alta calidad*. (Tesis para obtener el título de Doctor). Departamento de Procesos Químicos. Facultad de Tecnología química. Universidad de Oriente. Pág. 110. 1990.
- LAFARGUEPÉREZ, F. *et al.* "Caracterización físico-química del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L". *Revista Tecnología Química*. vol. 32, No. 2, Págs. 162-165. Cuba, 2012.