

**BIODEGRADABILIDAD AEROBIA DEL ACEITE DE *JATROPHA*
CURCAS Y DE UNA BIOGRASA FORMULADA
CON ÉL COMO BASE**

**AEROBIC BIODEGRADABILITY OF THE *JATROPHA CURCAS* OIL
AND A BIOGRASS FORMULATED WITH IT AS BASE**

Taimí Bessy Horruitiner^{1*}, Rosa María Pérez Silva², Manuel Díaz Velázquez¹,
Juan Carlos Ferrer Romero² y Leandri Zayas Lamezón³

¹ Departamento Fundamentos Químicos Biológicos, Facultad de Ingeniería Química y Agronomía,
Universidad de Oriente. Patricio Lumumba S/N Santiago de Cuba.

² Centro de Estudios de Biotecnología Industrial Facultad de Ciencias Naturales Universidad de Oriente
Patricio Lumumba S/N Santiago de Cuba.

³ Departamento de Marxismo, Sede Julio Antonio Mella, Universidad de Oriente Patricio Lumumba S/N
Santiago de Cuba.

Recibido: Septiembre 11, 2019; Revisado: Octubre 16, 2019; Aceptado: Noviembre 20, 2019

RESUMEN

La crisis energética y la contaminación medioambiental han conllevado a la investigación de fuentes alternativas para disminuir el uso de lubricantes de origen mineral. Los aceites vegetales son biodegradables y menos dañinos al entorno por lo que son considerados como una alternativa para la producción de biolubricantes. Uno de los aceites vegetales más estudiados en la actualidad es el aceite de *Jatropha curcas* para reemplazar a los combustibles fósiles y a los lubricantes de origen mineral. Este trabajo tiene como objetivo determinar la biodegradabilidad aerobia del aceite de *Jatropha curcas* y de una biograsa con él formulada mediante la prueba de Sturm modificada (OCDE) y el método respirométrico. El aceite de *Jatropha curcas* tuvo una biodegradabilidad del 39 % y la de la biograsa formulada con este aceite fue 32,6 %, por lo que se clasifican como no biodegradables de manera inmediata.

Palabras clave: aceite de *Jatropha curcas*; biodegradabilidad; biolubricantes.



Copyright © 2019. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Taimí Bessy, Email: taimib@uo.edu.cu



ABSTRACT

The energy crisis and environmental pollution have led to alternative sources investigation in order to reduce mineral lubricants use. Vegetable oils are biodegradable and less harmful to environment, so they are considered as an alternative for biolubricants production. Today one of the most studied vegetable oils to replace fossil fuels and mineral lubricants, is *Jatropha curcas* oil. This work aims to determine the aerobic biodegradability of *Jatropha curcas* oil and a bio-fat formulated using modified Sturm test (OECD) and respirometric method. *Jatropha curcas* oil had a biodegradability of 39 % and it is 32.6 %, for the bio-fat formulated, so they are classified immediately as non-biodegradable.

Keywords: *Jatropha curcas* oil; biodegradability; biolubricants.

1. INTRODUCCIÓN

Los aceites vegetales, por sus atractivos ecológicos, emergen como una alternativa a los recursos no renovables. Una de las aplicaciones importantes para los aceites extraídos de semillas es la de los biolubricantes. Los biolubricantes se definen como lubricantes rápidamente biodegradables y no tóxicos para el hombre ni para el medio ambiente. El comportamiento ambiental de las sustancias químicas está determinado por su biodegradabilidad, propiedad que es necesaria en los productos que se liberan en grandes cantidades al medio natural como combustibles y lubricantes (Vázquez-Rodríguez y Beltrán-Hernández, 2004). Un lubricante es clasificado como biodegradable si su porcentaje de degradación en una prueba estándar de biodegradabilidad inmediata, como la Prueba de Sturm modificada (301-B) dictada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), excede el 60 %.

Existen más de 350 cultivos identificados como posibles fuentes de aceite para lubricantes, siendo uno de los más estudiados el aceite de *Jatropha curcas*. Se ha reportado la biodegradabilidad de los aceites de soya, de girasol, de colza y de ricino muy utilizados en la formulación de biolubricantes. En el caso del aceite de *Jatropha curcas* se plantea que es ambientalmente amigable, por ser un aceite vegetal pero no se han encontrado reportes de su biodegradabilidad en la bibliografía consultada hasta el momento por lo que el objetivo del presente trabajo es: Evaluar la biodegradabilidad aerobia del aceite de *Jatropha curcas* producido en el poblado Paraguay, provincia Guantánamo, Cuba, y de una biograsa formulada con ese aceite como base.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Aceites vegetales y biograsa empleados.

El aceite de *Jatropha curcas* utilizado provino de las plantaciones del poblado Paraguay provincia Guantánamo. La biograsa fue formulada con aceite de *Jatropha curcas* refinado como base, 12-hidroxiestearato de litio como espesante y acetato de α tocoferol como aditivo antioxidante.

2.2. Preparación del medio de cultivo mineral

El medio de cultivo mineral empleado en todos los experimentos se describe en los ensayos de biodegradabilidad inmediata de la OCDE.

2.3. Preparación del inóculo

El inóculo empleado se preparó según lo reportado por López (López et al., 2009) a partir de suelo homogenizado (tierra). Se realizaron las diluciones pertinentes para obtener una concentración celular entre 10^7 y 10^8 células/mL por conteo celular en cámara de Neubauer.

2.4. Determinación de la biodegradabilidad por el método respirométrico.

La prueba respirométrica de biodegradabilidad se realizó en un respirómetro construido en el laboratorio tomando como referencia el respirómetro Bartha (Lopes y Bidoia, 2009). Para la cámara que hace función de reactor se utilizó un erlenmeyer que contenía 200 mL de medio de cultivo, 3 mL de la suspensión del inóculo y 2,5 g del aceite de *Jatropha curcas* crudo o refinado. La prueba se realizó aireando de manera discontinua por 2 horas a través del filtro de CO_2 después de cada colecta de solución absorbidora (KOH). La temperatura se mantuvo entre 28 y 30 °C. El respirómetro estuvo en reposo y en la oscuridad durante 30 días. Se colectaron muestras de la solución KOH a los 3, 5, 9, 16, 18, 23, 26, 28 días para determinar el CO_2 absorbido por valoración ácido base.

2.5. Determinación de biodegradabilidad aerobia mediante prueba de Sturm modificada (OCDE 301 B).

En la figura 1 se muestra un esquema de la instalación utilizada para la prueba de Sturm modificada (Rhee, 2013). Está constituida por sistema de lavado del aire, cámara de biodegradación y colectores de CO_2 . La extracción de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ en los frascos colectores para determinar el CO_2 absorbido se hizo a los 8, 10, 11, 16, 17, 20, 24 y 28 días para los aceites y para la grasa lubricante la extracción se realizó a los 10, 14, 18, 23, 28, 30, 33 y 37 días. La aireación se realizó de manera continua con un flujo de aire 75-90 mL/min. La temperatura se mantuvo entre los 28 y 30 °C. Los reactores se cubrieron con papel oscuro y el laboratorio se mantuvo con iluminación tenue.

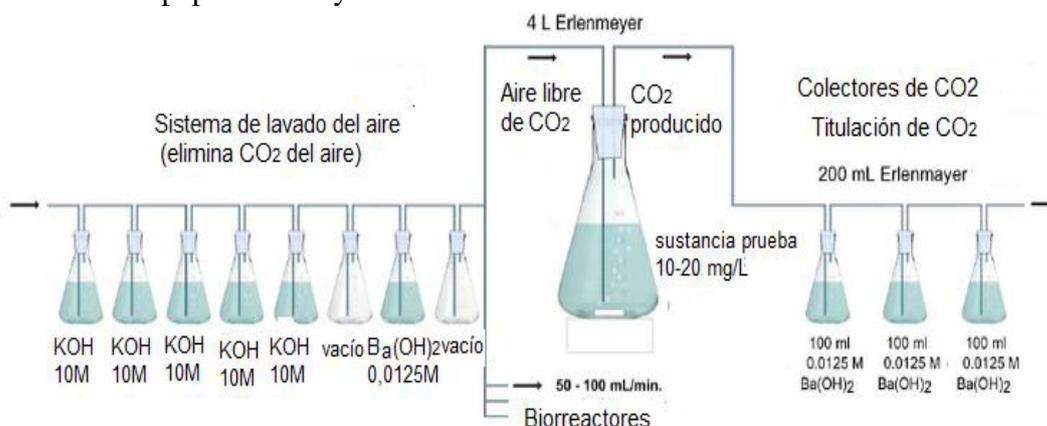


Figura 1. Esquema de la instalación utilizada para determinar la biodegradabilidad del aceite de *Jatrofa curcas* según norma ASTM D5468 tomado de Rhee, 2013

La determinación del CO₂ producido por la degradación microbiana de los aceites de *Jatropha curcas* refinado, de soja y de oliva comerciales se realizó por valoración ácido base de la solución de Ba(OH)₂ colectada en los intervalos de tiempo referidos anteriormente. En el caso de la biograsa se determinó el CO₂ producido mediante valoración potenciométrica de la solución de Ba(OH)₂ con una disolución HCl de concentración 0,01275 mol/L.

2.6. Cálculo del porcentaje de biodegradabilidad

El porcentaje de biodegradación se calculó utilizando la expresión (1) según OCDE 301 B. La masa teórica se calculó a partir de los datos de la composición obtenidos por cromatografía gaseosa.

$$\% \text{ Biodegradación} = \frac{m(\text{CO}_2 \text{ producido})(g)}{m_{\text{teórica}}(\text{CO}_2) \times m(\text{sustancia prueba añadida})} \quad (1)$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Biodegradación del aceite de *Jatropha curcas* y la biograsa.

En el ensayo respirométrico el aceite de *Jatropha curcas* crudo alcanzó su nivel máximo de biodegradación a los 26 días con 20,9 %, mientras que el aceite refinado obtuvo un valor máximo de biodegradación de 21,4 % a los 28 días. Ambos valores son similares, por lo que se infiere que el proceso de refinación no influye en la biodegradabilidad al no afectar la composición cuantitativa y cualitativa del aceite. Sin embargo la fase degradativa se alcanza dos días más tarde en el aceite refinado. Esto puede estar dado por la presencia de trazas de ácido cítrico utilizado en el proceso de desgomado que reduce la actividad microbiana al disminuir los procesos oxidativos (Gunstone, 2002).

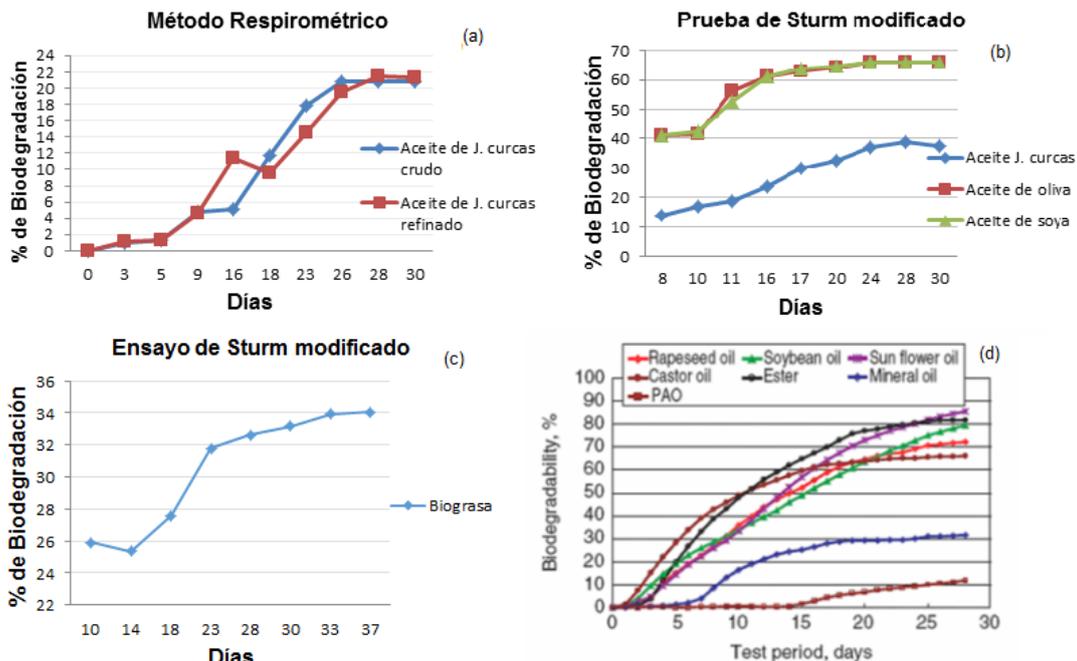


Figura 2. Biodegradabilidad del aceite de *Jatropha curcas*, del aceite de soja, de oliva y de la biograsa

En las curvas de biodegradabilidad según la prueba de Sturm modificada (figura 2(b)), los aceites de oliva y de soya alcanzan un comportamiento asintótico a partir de los 24 días, con un 66 % de biodegradación máxima para ambos aceites. Sin embargo para el aceite de *Jatropha curcas* refinado el comportamiento asintótico comienza a los 28 días alcanzando un 39 % de biodegradación. En la curva correspondiente a la biodegradabilidad de la biograsa (figura 2(c)) se observa que a los 28 días la biograsa se había degradado un 32,6 %, pero la fase degradativa se alcanzó a los 33 días, momento a partir del cual comienza a apreciarse el comportamiento asintótico.

La diferencia en los resultados obtenidos entre ambos métodos puede estar dado por las condiciones de aireación ya que la β -oxidación ocurre bajo condiciones aerobias en la que el oxígeno juega un rol principal como aceptor de electrones y por ende a mayor disponibilidad de oxígeno mayor degradación de los ácidos grasos (Campo et al., 2007). La biodegradabilidad de los compuestos orgánicos depende de su composición, estructura química (Chauhan y Chhibber, 2013), de la ecotoxicidad del compuesto (Insanu, 2013) y de las condiciones de trabajo.

Los aceites vegetales estudiados (de *Jatropha curcas*, de oliva y de soya) están compuestos, fundamentalmente, por triacilglicéridos, mostrando una composición grasa similar, donde los ácidos grasos insaturados alcanzan entre un 80 y un 84 % del total de ácidos grasos (Gunstone, 2002). La naturaleza hidrofóbica de estos compuestos y la posible autooxidación debido a la presencia de insaturaciones podría disminuir su biodisponibilidad (Campo et al., 2007), estos factores son comunes a los tres aceites, por lo que no deben ser la causa de la diferencia de biodegradabilidad entre ellos.

Por otra parte, el principal componente en la biograsa estudiada es el aceite de *Jatropha curcas* utilizado como base que posee composición similar a otros aceites vegetales, por lo que debería tener porcentajes de biodegradación superiores a los logrados en este estudio.

El aceite de *Jatropha curcas* posee entre 2 y 8 mg de ésteres de forbol por gramo de aceite, siendo sus principales sustancias tóxicas. El refinado químico del aceite, a bajas temperaturas, no afecta el contenido de estos ésteres (Devappa et al., 2012). Los ésteres de forbol podrían inhibir el crecimiento de los microorganismos presentes en el inóculo o tener actividad antibacteriana sobre dichos microorganismos lo que sería una de las causas de la baja biodegradabilidad del aceite de *Jatropha curcas*. Además el contenido de metales pesados Fe (0,515ppm), Sn (2,63ppm), Zn (0,05 ppm) y Cd (0,33 ppm) en el aceite de *Jatropha curcas* (Lafargue-Pérez et al., 2016) puede causar toxicidad a la población microbiana disminuyendo la biodegradación de sustancias orgánicas.

Los resultados de las pruebas de biodegradabilidad son variables, principalmente, por el inóculo usado, la densidad celular, la diversidad de especies, el origen y la historia de la muestra de inóculo (Thouand, 2011). La prueba de Sturm modificada requiere de baja densidad celular que junto a los pequeños volúmenes empleados pueden mostrar elevada variabilidad en los resultados, debido potencialmente, a la reducción en la diversidad del inóculo y la exclusión de microorganismos degradadores del compuesto. Las pruebas de biodegradabilidad inmediata, emplean condiciones experimentales muy estrictas que ofrecen limitadas oportunidades para que la adaptación del inóculo y la biodegradación de los compuestos orgánicos ocurran.

4. CONCLUSIONES

1. El aceite de *Jatropha curcas* y la biograsa formulada con este aceite como base no son biodegradables de manera inmediata según las condiciones de estudio.

REFERENCIAS

- Campo, P., Zhao, Y., Suidan, M., Venosa, A., Sorial, G., Biodegradation Kinetics and Toxicity of Vegetable Oil Triacylglycerols under Aerobic Conditions., Vol. 68, 2007, pp. 2054-2062.
- Chauhan, P.S., & Chhibber, V.K., Non-Edible Oil as a Source of Bio-Lubricant for Industrial Applications: A Review., International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT), Vol. 2, No. 1, 2013, pp. 299 - 305.
- Devappa, R.K., Makkar, H., Becker, K., Biodegradation of *Jatropha Curcas* Phorbol Esters in Soil., Wiley Online Library, Vol. 90, 2012, pp. 2090-2097.
- Gunstone, F., Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses., John Wiley & Sons, 2002, pp. 247-264.
- Insanu, M., Rational Use of *Jatropha Curcas* L. In Food and Medicine: From Toxicity Problems to Safe Applications., Phytochemistry reviews, Vol. 12, No. 1, 2013, pp. 107-119.
- Lafargue-Pérez, F., Díaz-Velázquez, M., Barrera-Vaillant, N., Rodríguez-Martínez, C., Chitue de Assunção-Nascimento, J., Caracterización Físico-Química Del Aceite Vegetal de *Jatropha Curcas* L., Tecnología Química, Vol. 32, No. 2, 2016, pp. 162-165.
- Lopes, P. & Bidoia, E., Evaluation of the Biodegradation of Different Types of Lubricant Oils in Liquid Medium., Brazilian Archives of Biology and Technology, Vol. 52, No. 5, 2009, pp. 1285-1290.
- Rhee, I.S., Biodegradable Grease Technology for Future Army Combat Systems. U.S. Army Tank-Automotive Research, Development, and Engineering Center, Warren, Miami, 48397, 2013, pp. 1-8. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/e0d2/b9979df36c1697c1bcef2a059632540a1a7a.pdf>
- Thouand, M.J., Maul, A., Gancet, C. & Blok, H., New Concepts in the Evaluation of Biodegradation / Persistence of Chemical Substance Susing a Microbial Inoculum., Frontiers in microbiology, Vol. 2, No. 6, 2011, pp. 1-6.
- Vázquez-Rodríguez, G.A., & Beltrán-Hernández, R.I., Pruebas normalizadas para la evaluación de la biodegradabilidad de sustancias químicas. Una Revisión., Interciencia, Vol. 29, No. 10, 2004, pp. 568-573.