

**Artículo Original**

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LA TOXICIDAD AGUDA DE  
BIOLUBRICANTES HIDRÁULICOS FORMULADOS CON ACEITE  
DE *JATROPHA CURCAS* MODIFICADO**

**PRELIMINARY STUDY OF THE ACUTE TOXICITY OF HYDRAULIC  
BIOLUBRICANTS FORMULATED WITH MODIFIED *JATROPHA CURCAS* OIL**

Graciela Alvarez Reyes<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7878-5536>  
Taimi Bessy Horruitiner<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7595-5547>  
Telvia Arias Lafargue<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2610-1451>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Departamento Ingeniería Química.  
Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

Recibido: Enero 25, 2023; Revisado: Febrero 6, 2023; Aceptado: Marzo 9, 2023

**RESUMEN**

**Introducción:**

El lubricante es un medio cuya función es impedir el contacto directo entre superficies disminuyendo el rozamiento y desgaste, reduciendo con ello el calor y los desechos que se generan durante este proceso, además puede refrigerar y sellar herméticamente las áreas de rozamiento. El vertimiento de aceites minerales a los ecosistemas se ha convertido en un grave problema medioambiental debido a su impacto negativo, por lo que se investigan alternativas amigables con el ambiente, entre las que se encuentran los derivados de aceites vegetales como el de *Jatropha curcas*.

**Objetivo:**

Determinar la toxicidad de los biolubricantes hidráulicos formulados a partir del aceite de *Jatropha curcas* modificado químicamente.

**Materiales y Métodos:**

Se realizó un bioensayo de sensibilidad con semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) en placa Petri y en tierra para diferentes formulaciones de biolubricantes.

**Resultados y Discusión:**

Se determinó que los biolubricantes formulados con aceite de *Jatropha curcas* se



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

\* Autor para la correspondencia: Graciela Alvarez, Email: [galvarez@uo.edu.cu](mailto:galvarez@uo.edu.cu)



clasifican como tóxicos para las semillas de *Lactuca sativa* tanto en placa como en tierra a los cinco días de sembradas.

**Conclusiones:**

Estos biolubricantes mostraron efectos fitotóxicos en el sistema radicular y apical. Las mezclas correspondientes al 2,5 % en placa fue la menos tóxica para los tres biolubricantes ensayados, aunque los porcentos de inhibición fueron superiores al 70 %.

**Palabras clave:** aceite de *Jatropha curcas*; biolubricantes; toxicidad; bioensayo de sensibilidad.

**ABSTRACT**

**Introduction:**

The lubricant is a medium whose function is to prevent direct contact between surfaces, reducing friction and wear, thus reducing the heat and waste generated during this process. In addition, it can cool and hermetically seal the areas of friction. The losses of mineral Vaseline released into the environment have become a serious problem for the ecosystem. Due to the growing concern related to the environmental impact of mineral greases, eco-friendly alternatives are being sought, vegetable oils among them, such as *Jatropha curcas* oil.

**Objective:**

To determine the toxicity of hydraulic biolubricants formulated from modified *Jatropha curcas* oil chemically modified.

**Materials and Methods:**

A sensitivity bioassay was carried out with lettuce seeds (*Lactuca sativa*) in a Petri dish and in soil for different mixtures of biolubricants.

**Results and Discussion:**

It was determined that biolubricants formulated with *Jatropha curcas* oil are classified as toxic for *Lactuca sativa* seeds, both in the plate and in the ground, five days after sowing.

**Conclusions:**

These biolubricants showed phytotoxic effects in the root and apical system. The mixtures corresponding to 2.5% on the plate were the least toxic for the three biolubricants tested, although the percentages of inhibition were greater than 70%.

**Keywords:** *Jatropha curcas* oil; biolubricants; toxicity; sensitivity bioassay.

**1. INTRODUCCIÓN**

Un buen fluido hidráulico debe tener las siguientes características: transmisión de potencia con un mínimo pérdida, lubricación de las superficies que se mueven una contra otra, protección contra la corrosión de superficies metálicas y transportar y transferir calor de la fuente de calor al intercambiador de calor (Kučera y col., 2017).

Las pérdidas de lubricantes minerales liberadas al ambiente, se han convertido en un grave problema medioambiental debido a que están constituidas mayoritariamente por

---

aceites minerales, derivados del petróleo y jabones metálicos difícil de biodegradar (Achten y col., 2008). Es por ello que los biolubricantes están atrayendo cada vez más la conciencia pública porque respaldan los objetivos de sostenibilidad en las áreas económica, ecológica y social al ahorrar energía, recursos y reduciendo emisiones (Salih y Salimon, 2021).

Un buen fluido hidráulico debe poseer un rendimiento que garantice el funcionamiento satisfactorio en los componentes hidráulicos más exigentes. Para presentar un buen desempeño durante largos períodos de operación, las propiedades fisicoquímicas del fluido (buen rendimiento a altas y bajas temperaturas, estabilidad a la oxidación, estabilidad térmica, estabilidad al cizallamiento, protección contra el desgaste, demulsibilidad, baja tendencia a la formación de espuma y buena filtrabilidad) deben permanecer estables. Además, uno de los requisitos básicos para que sea ambientalmente aceptable es su alta biodegradabilidad y baja ecotoxicidad (Kučera y col., 2017).

La *Jatropha curcas* es una planta rústica y perenne, tolerante a la sequía y de buena adaptación a varias condiciones edafoclimáticas, a su vez puede ser utilizada en la recuperación de áreas degradadas por la explotación minera y en la reforestación de áreas devastadas. Su aceite no es de consumo humano, sin embargo, se encuentra entre las fuentes más promisorias de granos oleaginosos para la producción de biolubricantes, debido a sus bajos costos de producción agrícola y, sobre todo, porque podría ocupar suelos poco fértiles y arenosos generalmente no aptos para la agricultura, proporcionando así una nueva opción socioeconómica para el mundo (Bilal y col., 2013).

El bioensayo de toxicidad con semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) es una prueba estática de toxicidad aguda (120 horas de exposición) en el que se pueden evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o de mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento (Navarro, 2003). Teniendo en cuenta los múltiples usos de los biolubricantes y que sus fugas o derrames terminan en el medio ambiente pueden provocar alteraciones, el objetivo del presente trabajo fue Determinar la toxicidad de los biolubricantes hidráulicos formulados a partir del aceite de *Jatropha curcas* modificado químicamente.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Preparación del aceite lubricante aditivado**

Se estudian tres biolubricantes hidráulicos: A (46 cSt), B (68 cSt) y C (92 cSt). Los mismos se obtuvieron mezclando proporciones diferentes de aceite de *Jatropha curcas* transesterificado y epoxidado hasta obtener las viscosidades deseadas. Además se les añadió una cantidad de aditivo correspondiente al 3 % del peso del biolubricante y se homogenizaron en una zaranda por 5 minutos.

### **2.2. Bioensayos de toxicidad aguda con *Lactuca sativa* en placa Petry**

Se ensayaron mezclas de aceites biolubricantes con agua destilada en las proporciones (2,5; 12,5; 25% (V/V)), utilizando agua y el aceite mineral como controles positivo y negativo respectivamente.

Se desinfectaron 120 semillas de lechuga, durante 10 minutos con hipoclorito de sodio

---

al 1%, luego se realizaron cuatro lavados con agua destilada estéril de 5 minutos cada uno.

El procedimiento del ensayo de toxicidad aguda con semillas de *Lactuca sativa* se realizó según lo reportado por Sobrero y Ronco, (2004), Terminado el periodo de exposición (120 h), se procede a cuantificar el efecto en la germinación y en la elongación de la radícula y del hipocótilo. Se calcula el promedio de la elongación de la radícula y del hipocótilo de las plántulas de cada repetición, el porcentaje de inhibición del crecimiento de la radícula y del hipocótilo y el porcentaje de inhibición en la germinación.

### 2.3. Ensayo de toxicidad en Tierra

La tierra empleada fue tomada de la jardinera de la sede universitaria Julio Antonio Mella de la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba. Se emplearon en los experimentos los mismos biolubricantes del ensayo anterior.

Los biolubricantes se mezclaron con tierra en proporciones de 0,01 %, 0,03% y 0,04% (V/P). Se colocaron 100 g de la mezcla en envases plásticos, realizándose tres réplicas para cada uno de los lubricantes en estudio. Posteriormente se colocaron cinco semillas de *Lactuca sativa* desinfectadas en cada envase y se observó, durante cinco días, si había o no germinación.

Las ecuaciones 1 y 2 se emplean para calcular el porcentaje de inhibición de la germinación y el porcentaje de germinación respectivamente.

$$I\% = \frac{C - T}{C} \times 100 \quad (1)$$

I%: es el porcentaje de inhibición.

C: es el número de semillas germinadas.

T: es el número de semillas en la muestra tratada.

$$G\% = \frac{g}{T} \times 100 \quad (2)$$

G %: por ciento de germinación.

G: número de semillas germinadas.

T: total de semillas en la muestra tratada.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

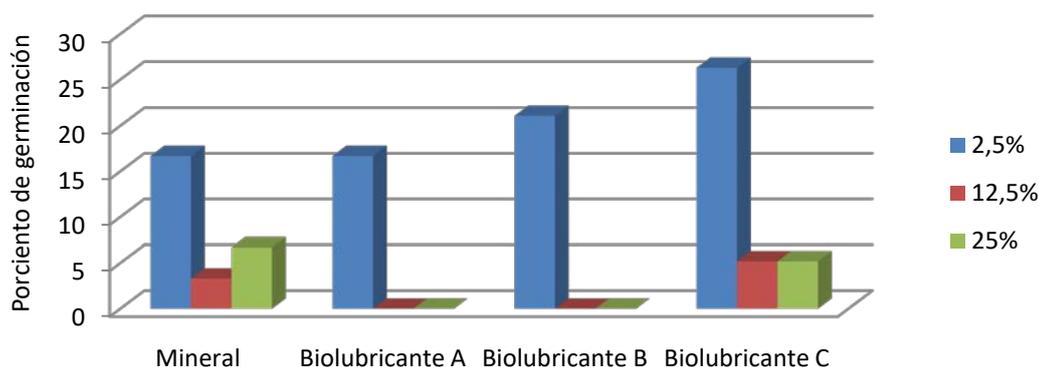
### 3.1. Pruebas de sensibilidad para *Lactuca sativa* L en las placas Petri

Los resultados de la muestra control (agua destilada) demuestran que las semillas empleadas germinan en un 63,3 %, lo que resulta válido para un proceso de siembra cualquiera.

La figura 1 muestra el porcentaje de germinación de las semillas de *Lactuca sativa* en las mezclas aceite mineral y de los biolubricantes en las proporciones en estudio. Como puede observarse para la mezcla de 2,5 % hubo mayor germinación en el biolubricante C (26,3%), seguido del biolubricante B (21,1 %) y por último el biolubricante A y el mineral ambos con un 16,7 % de germinación.

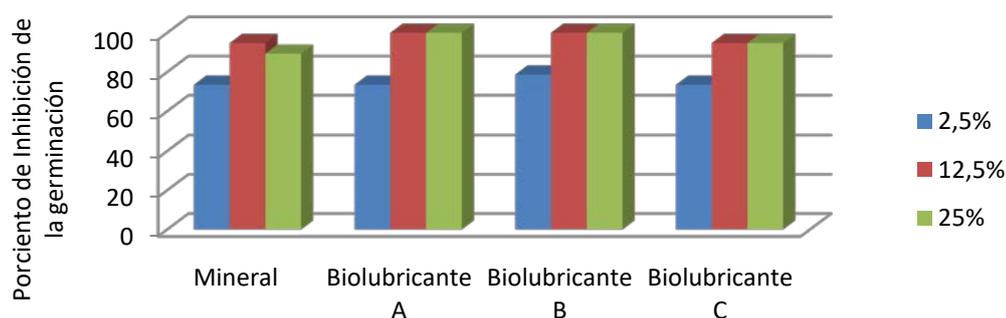
A la proporción de 12,5 %, con los biolubricantes A y B no germinaron las semillas de lechuga, lo mismo ocurrió en las muestras con 25 % de aceites. Sin embargo, para el aceite mineral y para el biolubricante C si hubo germinación. Con el biolubricante C se

obtuvo un 5 % de germinación en ambas proporciones. Mientras que con el mineral en la concentración de 25% fue ligeramente superior el porcentaje de germinación (6,7%) que en la concentración de 12,5 %, donde se alcanzó un 3,3 % de germinación.



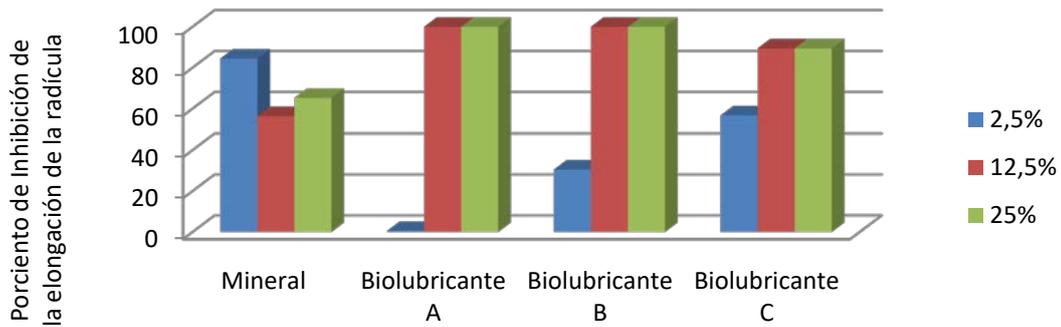
**Figura 1.** Porcentaje de germinación de las semillas *Lactuca sativa* con el aceite mineral y los biolubricantes estudiados

El porcentaje de inhibición de la germinación para todas las proporciones con todos los aceites fue superior al 70 %, estando entre 89 y 100 % al 2,5 y 25 %. Al 2,5 % la inhibición de la germinación fue de 73 % con todos los lubricantes estudiados (figura 2).



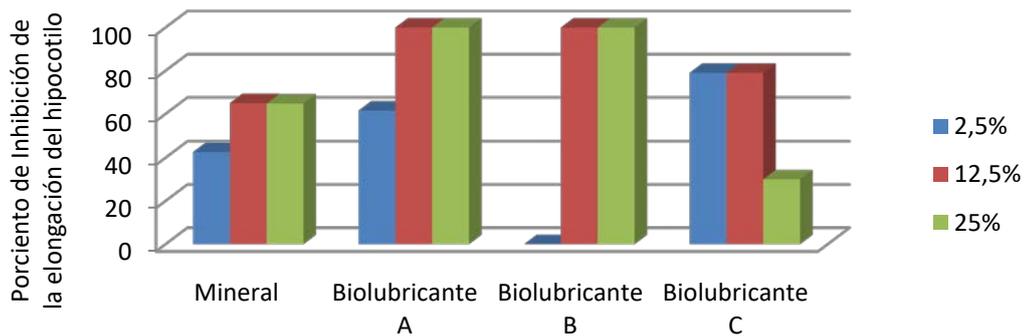
**Figura 2.** Porcentaje de inhibición de la germinación de las semillas *Lactuca sativa*

Los biolubricantes A y B, a las proporciones de 12,5 % y 25 % mostraron los mayores efectos inhibitorios en el crecimiento de la radícula (100 %), seguidas del biolubricante C (89 %). El biolubricante C al 2,5 % mostró mayor efecto inhibitorio que el B y el C. Con el aceite mineral se comportó de forma diferente exhibiendo mayor porcentaje de inhibición de la elongación de la radícula al 2,5 %, seguida de la de 25 % y por último la de 12,5 % (figura 3).



**Figura 3.** Porcentaje de Inhibición de la elongación de la raíz

Con respecto a la inhibición de la elongación del hipocótilo, los biolubricantes A y B, a las concentraciones 12,5 % y 25 % son los que más afectan con 100 % de inhibición y el mineral tiene un 62 % de inhibición de la elongación del hipocótilo a esas concentraciones. Para esas mismas sustancias al 2,5 %, el efecto sobre el hipocótilo es menor (60 % para el lubricante A, 41 % para el lubricante mineral y 0 para el B). El lubricante C tiene un comportamiento diferente, mostrando los mayores porcentos de inhibición de la elongación del hipocótilo a las concentraciones de 2,5 y 12,5% (figura 4).



**Figura 4.** Porcentaje de Inhibición de la elongación del hipocótilo

### 3.2. Pruebas de sensibilidad para *Lactuca sativa* en tierra

En la prueba de sensibilidad de la lechuga en tierra no hubo germinación con ninguno de los aceites a ninguna concentración experimentada (figura 5).



**Figura 5.** Germinación de las semillas de *Lactuca sativa* en tierra

Todos los lubricantes estudiados mostraron porcentos de inhibición de la germinación superiores al 70 % al 2,5 %, 12,5 % y 25 % en placa, mientras que en tierra fue del 100

% . Este resultado permite clasificarlos como tóxicos.

La elevada toxicidad del lubricante mineral y de los biolubricantes puede deberse a diversas causas como la concentración del compuesto, los componentes de los aceites, los tóxicos presentes en los mismos, los productos de la degradación de los componentes y de las sustancias tóxicas, la composición del aditivo, la sensibilidad del modelo biológico empleado, las condiciones ambientales, entre otras.

A la concentración 2,5 % se obtuvieron los menores valores de inhibición de la germinación, demostrando que la toxicidad aumenta con el aumento de la concentración de los compuestos analizados.

Los lubricantes minerales tienen en su composición cadenas parafínicas, nafténicas e hidrocarburos aromáticos con cadenas ramificadas o lineales de 15 o más átomos de carbono formando una mezcla compleja. Su composición los hace extremadamente tóxicos pudiendo ser letales a concentraciones relativamente bajas ( $380$  y  $390 \text{ mgL}^{-1}$ ). Son persistentes por más de 6 años en algunos ecosistemas y bajo condiciones de laboratorio su degradación completa puede tomar semanas o meses (Tamada y col., 2012a). Los lubricantes basados en aceites minerales, las grasas y fluidos hidráulicos son usualmente tóxicos debido a estas características. Si estas sustancias escapan al ambiente, los impactos tienden a ser acumulativos y consecuentemente dañinos a las plantas, peces y a la vida salvaje (Aluyor y Ori-jesu, 2009).

Los biolubricantes A y B son más tóxicos que el lubricante mineral a las concentraciones 12,5 % y 50 %. Ambos se formularon mezclando aceite de *Jatropha curcas* transesterificado y epoxidado en proporciones diferentes, conteniendo ambos más aceites epoxidado que aceite transesterificado. El biolubricante C no contenía aceite transesterificado y los valores de inhibición a esas concentraciones fueron ligeramente inferiores.

El aceite de *Jatropha curcas* posee, entre otros, compuestos tóxicos como la cursina, ovoalbúmina, lectinas, ácido ciánico y los ésteres de forbol en concentraciones entre 2 y 8 mg de esos ésteres por gramo de aceite, siendo las principales sustancias tóxicas del aceite (Bahadur y col., 2012). Los ésteres de forbol son destruidos en el proceso de transesterificación, durante la reacción en sí o son retirados durante el lavado, sin embargo, el aceite transesterificado podría contener productos de la degradación de los ésteres de forbol, y ser estos los causantes de su toxicidad (Makkar, 2009).

La reacción de epoxidación, añade un átomo de oxígeno a los dobles enlaces carbono-carbono, estableciéndose como un importante método para la formación de los enlaces carbono-oxígeno. Los ácidos grasos insaturados son los componentes de interés para la epoxidación en los aceites vegetales. La epoxidación mejora la estabilidad oxidativa de estos aceites (Woei y col., 2017). Los ésteres de forbol son inestables y susceptibles a la oxidación (Prasad y col., 2012), pudiendo afectarse su estructura durante este proceso, disminuyendo la toxicidad de los aceites epoxidados.

Las reacciones de epoxidación y transesterificación pueden descomponer los ésteres de forbol, haciendo que la toxicidad de esos aceites persista por la presencia de los productos de la descomposición que pueden ser potencialmente tóxicos. La combinación de ambos aceites puede provocar efecto sinérgico aumentando la toxicidad en las semillas de lechuga, explicado por (Morales, 2004).

Los aditivos son necesarios para mejorar las propiedades de los lubricantes empleados

en aplicaciones específicas. Estos aditivos, además constituyen una parte importante de los lubricantes. La naturaleza química y los métodos de producción de los aditivos generalmente se desconocen convirtiéndose en secretos muy bien guardados. Muchos de los aditivos usados en fluidos hidráulicos contribuyen a la toxicidad de los derrames (Aluyor y Ori-jesu, 2009).

Por otra parte, la capacidad de germinación de las semillas depende de la sensibilidad de las especies a los contaminantes (Cruz y col., 2013). Estudios realizados por Cruz en el 2013 mostraron que las semillas de *Cucumis sativus* L. no mostraron toxicidad en suelos contaminados con diesel, sin embargo, las semillas de *Barbarea verna* y *Brassica oleracea* fueron sensibles al mismo contaminante. Tales efectos inhibitorios en la germinación, fueron atribuibles a la fracción volátil del aceite mineral empleado y sus propiedades de repeler las películas de agua formadas alrededor de las semillas. Teniendo en cuenta lo antes expuesto, puede inferirse que las semillas de lechuga son sensibles al aceite mineral usado como control y a los biolubricantes estudiados, siendo esta una de las posibles causas de la poca germinación de las semillas utilizadas en esta investigación.

En suelo la germinación de las semillas de lechuga fue nula con todos los lubricantes a las concentraciones empleadas. Sin embargo, en la bibliografía consultada (Tamada y col., 2012b) hubo crecimiento en el lubricante mineral con un 80 % de inhibición de la germinación, debido posiblemente su fracción volátil de hidrocarburos poliaromáticos que son inhibidores de la germinación.

En el caso del aceite transesterificado, la biodegradación de estos compuestos en tierra puede provocar la ruptura de las moléculas de metiléster de ácidos grasos incrementando la acidez del suelo que debe tener efecto sobre el proceso de germinación de las semillas utilizadas (Cruz y col., 2013). Los compuestos obtenidos son insolubles resultándole difícil su penetración dentro de las semillas, pudiendo deberse a la interferencia en la germinación a las barreras físicas.

Los ésteres de forbol y los productos de su biodegradación tienen actividad antibacteriana y anti fúngica (Devappa y col., 2010) por lo que pueden afectar a los microorganismos del suelo que son los responsables de la degradación de los biolubricantes para hacerlos biodisponibles a la planta, siendo uno de los motivos por el cual la inhibición fue tan elevada en los biolubricantes A y B.

La germinación puede estar relacionada con el tamaño de las semillas debido al hecho de que semillas más largas tienen menor área superficial con respecto al volumen, ello ofrece mayor protección a la exposición a los contaminantes del suelo. La sensibilidad a los contaminantes es inversamente proporcional al área superficial. Las semillas de lechuga son pequeñas por lo que tienen poca área superficial y por tanto pueden ser más sensibles.

El efecto inhibitorio en la elongación de la radícula y el hipocótilo puede deberse a que la semilla de la lechuga es pequeña siendo el endospermo también pequeño y poca la disponibilidad del material de reserva para que el embrión germine y no pueda esperar que las condiciones sean favorables para la germinación (Teramae y de Sousa, 2012).

Otros estudios reportan que las sustancias tóxicas afectan el crecimiento de la raíz y el hipocótilo y su influencia varía según los modelos biológicos usados en la prueba (Tamada y col., 2012b).

---

Además, las condiciones de experimentación no fueron constantes, al menos en cuanto a la humedad del suelo y a los ciclos de luz – oscuridad, como indica la literatura (Tamada y col., 2012b), pudiendo influir en la escasa germinación de las semillas.

#### 4. CONCLUSIONES

1. Los biolubricantes formulados con aceite de *Jatropha curcas* modificado se clasifican como tóxicos para las semillas de *Lactuca sativa* tanto en placa como en tierra.
2. Las mezclas correspondientes al 2,5 % en placa fue la menos tóxica para los tres biolubricantes ensayados, aunque los porcentos de inhibición fueron superiores al 70 %.

#### REFERENCIAS

- Achten, W.M., Verchot, L., Franken, Y.J., Mathijs, E., Singh, V.P., Aerts, R., & Muys, B., *Jatropha bio-diesel production and use.*, Biomass and bioenergy, Vol. 32, No. 12, 2008, pp. 1063-1084. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.03.003>
- Aluyor, E., & Ori-jesu, M., *Biodegradation of mineral oils – A review.*, African Journal of Biotechnology, Vol. 8, No. 6, 2009, pp. 915-920. <https://doi.org/10.5897/AJB2009.000-9151>
- Bahadur, B., Sujatha, M., & Carels, N., *Jatropha, Challenges for a New Energy Crop: Farming, Economics and Biofuel.*, Vol. 1, Springer Editorial, 2012, pp. 187-190.
- Bilal, S., Mohammed-Dabo, I.A., Nuhu, M., Kasim, S.A., Almustapha, I.H., & Yamusa, Y.A., *Production of biolubricant from Jatropha curcas seed oil.*, Journal of Chemical Engineering and Materials Science, Vol. 4, No. 6, 2013, pp. 72-79. <https://doi.org/10.5897/JCEMS2013.0164>
- Cruz, J., Lopes, P., Montagnolli, R., Tamada, I., Silvia, N., & Bidoia, E., *Toxicity Assessment of Contaminated Soil Using Seeds as Bioindicators.*, Journal of Applied Biotechnology, Vol. 1, No. 1, 2013, pp. 1-10. <https://doi.org/10.5296/jab.v1i1.3408>
- Devappa, R., Makkar, H., & Becker, K., *Biodegradation of Jatropha Curcas Phorbol Esters in Soil.*, Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 90, No. 12, 2010, pp. 2090-2097. <https://www.semanticscholar.org/paper/Biodegradation-of-Jatropha-curcas-phorbol-esters-in-Devappa-Makkar/9e9360b0397478453d170281799c199054eb17db>
- Kučera, M., Aleš, Z., Mareček, J., & Máchal, P., *Effect of contaminants on the lifetime of hydraulic biooils and systems.*, Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, Vol. 65, No. 4, 2017, pp. 1205-1212. [https://acta.mendelu.cz/artkey/acu-201704-0012\\_effect-of-contamination-on-the-lifetime-of-hydraulic-oils-and-systems.php](https://acta.mendelu.cz/artkey/acu-201704-0012_effect-of-contamination-on-the-lifetime-of-hydraulic-oils-and-systems.php)
- Makkar, H., Maes, J., De Greyt, W., & Becker, K., *Removal and Degradation of Phorbol Esters during Pre-treatment and Transesterification of Jatropha curcas Oil.*, Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol. 86, No. 2, 2009, pp. 173-181. <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1007/s11746-008-1327-6>
- Morales, G., *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas:*
-

- estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones.. Idrc, 2004. <https://www.idrc.ca/sites/default/files/openebooks/147-7/index.html>
- Navarro, A., Arrueta, R., y Maldonado, M., Determinación del efecto de diferentes compuestos a través de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria., *Revista de Toxicología*, Vol. 23, No. 2-3, 2003, pp. 125-129. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91923306>
- Prasad, L., Pradhan, S., Das, L., & Naik, S., Experimental assessment of toxic phorbol ester in oil, biodiesel and seed cake of *Jatropha curcas* and use of biodiesel in diesel engine., *Applied Energy*, Vol. 93, 2012, pp. 245-250. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261911007823>
- Salih, N., & Salimon, J., A review on eco-friendly green biolubricants from renewable and sustainable plant oil sources. *Biointerface Res. Appl. Chem*, Vol. 11, No. 5, 2021, pp. 13303-13327. <https://doi.org/10.33263/BRIAC115.1330313327>
- Sobrero, M., & Ronco, A., Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Canadá: IDRC/IMTA, 2004, pp. 71–79.
- Tamada, I., Montagnolli, R., & Lopes, P., Toxicological evaluation of vegetable oils and biodiesel in soil during the biodegradation process., *Brazilian Journal of Microbiology*, Vol. 43, No. 4, 2012a, pp. 1576-1581. <https://www.scielo.br/j/bjm/a/MsCbG487GpNG6mVBqMvPQTD/>
- Tamada, I., Lopes, P., Montagnolli, R., & Bidoia, E., Biodegradation and Toxicological Evaluation of Lubricant Oils., *Brazilian archives of biology and technology*, Vol. 55, No. 6, 2012b, pp. 951-956. <https://www.scielo.br/j/babt/a/4hpLvpXWbb9nmN9xDr7CjPQ/>
- Teramae, K., & de Sousa, M., Ecotoxicological Tests in Winogradsky Columns Contaminated by Used Lubricating Oil and Biodiesel., *Environmental Management and Sustainable Development*, Vol. 1, No. 2, 2012, pp. 139-150. [https://scholar.google.com/cu/scholar?q=Environmental+Management+and+Sustainable+Development,+Vol.+1,+No.+2,+2012,+pp.+139-150.&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.com/cu/scholar?q=Environmental+Management+and+Sustainable+Development,+Vol.+1,+No.+2,+2012,+pp.+139-150.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart)
- Woei, B., Azowa, N., Yee, Y., & Ying, Y., Epoxidized *Jatropha* Oil as a Sustainable Plasticizer to Poly (lactic Acid)., *Polymers*, Vol. 9, No. 6, June, 2017, pp. 3-10. <https://doi.org/10.3390/polym9060204>

## **CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## **CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES**

- M.Sc. Graciela Alvarez Reyes. Investigación, redacción - revisión y edición.
  - M.Sc. Taimi Bessy Horruitiner. Gestión de proyectos, investigación, redacción - primera redacción, conservación de datos.
  - M.Sc. Telvia Arias Lafargue. Conceptualización, investigación, supervisión.
-