

**Artículo Original**

**TOXICIDAD AGUDA DEL ACEITE REFINADO DE *JATROPHA*  
*CURCAS L.* EN SEMILLAS DE *LACTUCA SATIVA L.***

***ACUTE TOXICITY OF REFINED JATROPHA CURCAS L. OIL  
ON LACTUCA SATIVA L. SEEDS***

Sara Duany Timosthe<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6988-636X>  
Orlindes Calzado Lamela<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9498-0131>  
Dunia Rodríguez Heredia<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4676-7314>  
Yuleidis González Pérez<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1654-6019>

<sup>1</sup>Departamento de Fundamentos Químicos y Biológicos. Universidad de Oriente.  
Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>2</sup>Laboratorio de Ecotoxicología. Centro de Ecotoxicología y Biomedicina (TOXIMED).  
Santiago de Cuba, Cuba.

Recibido: Abril 17, 2026; Revisado: Abril 28, 2026; Aceptado: Mayo 18, 2026

**RESUMEN**

**Introducción:**

La utilización del aceite de *Jatropha curcas L.* como biocombustible para maquinaria agrícola representa una alternativa sostenible y prometedora para reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, su implementación segura y exitosa requiere de un riguroso estudio de toxicidad, ya que podría contaminar suelos, cuerpos de agua y ecosistemas agrícolas, para que de esta forma su manejo no represente un riesgo ambiental.

**Objetivo:**

Evaluar la toxicidad aguda del aceite de *Jatropha curcas L.* refinado en semillas de *Lactuca sativa L.*

**Materiales y Métodos:**

Para ello se realizó un bioensayo de sensibilidad con semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en placa petri, para diferentes tratamientos y una muestra como control negativo.



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: Sara Duany, Email: [sarad@uo.edu.cu](mailto:sarad@uo.edu.cu)



## **Resultados y Discusión:**

Se determinó que el aceite refinado de *Jatropha curcas* L. mostró aparición de toxicidad para los tratamientos al 1 % y al 3 %, mientras que para un 10 % y 100 % se consideró tóxico. Este compuesto mostró efectos fitotóxicos en el sistema radicular y apical.

## **Conclusiones:**

En la prueba de toxicidad aguda del aceite de *Jatropha curcas* L. refinado, se observó un aumento en la inhibición de la germinación, la elongación de la radícula e hipocótilo en las semillas de *Lactuca sativa* L., empleadas como biomodelos, al aumentar las concentraciones.

**Palabras clave:** aceite refinado; *Jatropha curcas* L.; *Lactuca sativa* L.; toxicidad aguda.

## **ABSTRACT**

### **Introduction:**

The use of *Jatropha curcas* L. oil as a biofuel for agricultural machinery represents a sustainable and promising alternative to reduce dependence on fossil fuels. However, its safe and successful implementation requires a rigorous toxicity study, as it could contaminate soils, water bodies, and agricultural ecosystems, ensuring that its management does not pose an environmental risk.

### **Objective:**

To evaluate the acute toxicity of refined *Jatropha curcas* L. oil on *Lactuca sativa* L. seeds.

### **Materials and Methods:**

A sensitivity bioassay was conducted using lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.) in petri dishes, for different treatments and one sample as a negative control.

### **Results and Discussion:**

It was determined that the refined oil of *Jatropha curcas* L. showed signs of toxicity for the 1 % and 3 % treatments, while for 10 % and 100 % it was considered toxic. This compound exhibited phytotoxic effects on the root and apical systems.

### **Conclusions:**

In the acute toxicity test of refined *Jatropha curcas* L. oil, an increase in germination inhibition, radicle elongation, and hypocotyl growth was observed in *Lactuca sativa* L. seeds used as biomodels, as concentrations increased.

**Keywords:** refined oil; *Jatropha curcas* L.; *Lactuca sativa* L.; acute toxicity.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las propiedades del cultivo de la *Jatropha curcas* L. han motivado la atención de varias instituciones, es altamente resistente a la sequía y su aceite puede ser procesado para su uso como sustituto del diésel (biodiesel) o como materia prima para la industria, siendo llamada esta planta como el cultivo agroenergético del futuro (López et al., 2022; Campuzano-Duque & Cardeno-Lopez, 2022; Villafuerte et al., 2023).

El biodiesel que se obtiene de las semillas de este cultivo posee las características requeridas para el funcionamiento de los motores de combustión, aunado a que su uso genera menos contaminación al ambiente en comparación con los combustibles fósiles.

---

La producción de biodiesel de *Jatropha curcas* L. se ha convertido en un negocio en auge. Esta fuente de biodiesel ha sido promovida como alternativa sostenible dentro de la transición energética global. No obstante, aunque los aceites vegetales presentan menor persistencia ambiental que los derivados fósiles, siguen generando efectos fitotóxicos en ecosistemas agrícolas (Anza-Cruz et al., 2023).

El biodiesel obtenido a partir de *Jatropha curcas* L. cumple estándares internacionales de calidad y presenta propiedades fisicoquímicas y tribológicas favorables para su empleo en motores diésel (Sánchez et al., 2023).

La *Jatropha curcas* L. es un arbusto de importancia económica, debido a sus diversas aplicaciones industriales. Es importante para el desarrollo de bioenergía, por su elevada concentración de aceite en sus semillas por lo que se le emplea para la obtención de biodiesel; en cambio las cáscaras de sus frutos pueden usarse para la producción de alcohol etílico por su elevado contenido en celulosa (Villafuerte et al., 2023).

La producción de aceite de *Jatropha curcas* L. en Cuba tiene beneficios para el país en tres campos: económico, social y medio ambiental. En lo económico, disponer de combustible renovable para mejorar la matriz energética, los subproductos (residuos) de los procesos pueden tener otros usos (insecticidas, abono, alimento animal, y otros). En lo social, contribuirá a la solución de problemas de la energética rural como un nuevo combustible para las cocinas, lámparas de alumbrado y las maquinarias. En lo medio ambiental, el desarrollo de un agroecosistema de *Jatropha curcas* L. y el aprovechamiento de su biomasa pueden propiciar un incremento de las áreas boscosas y frenar la desertificación en los ecosistemas más frágiles.

Estudios recientes advierten que aceites vegetales y biolubricantes pueden generar efectos fitotóxicos dependiendo de la concentración y condiciones de exposición (Wu et al., 2022; Louhichi et al., 2024).

La inclusión de los análisis ecotoxicológicos en los estudios ambientales resulta indispensable, pues aporta información sobre los efectos que los contaminantes puedan causar en los organismos expuestos (Sykora et al., 2021; Mantuano-Eduarte et al., 2024). Autores como Muñoz et al. (2024) destacan que los aceites vegetales tienen ciertas ventajas sobre los aceites minerales, dentro de las que se encuentran su menor toxicidad ambiental, no obstante, son compuestos químicos que se liberan al ambiente y es importante conocer su grado de toxicidad, por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar la toxicidad aguda del aceite de *Jatropha curcas* L. refinado en semillas de *Lactuca sativa* L.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

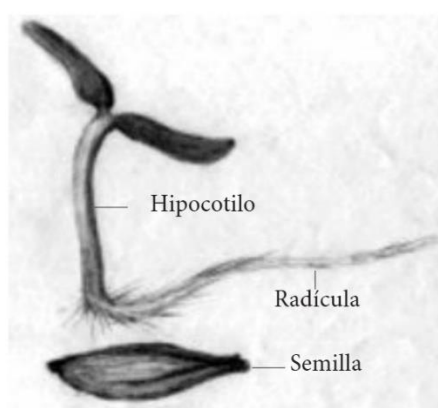
Las semillas de *Lactuca sativa* L. utilizadas en la investigación están certificadas con más de 95 % de pureza. Las mismas fueron sometidas a un proceso de germinación para comprobar su viabilidad. Se tomó una muestra de aceite de *Jatropha curcas* L. el cual fue suministrado por el Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible perteneciente al CITMA en Guantánamo, a partir de plantaciones de la variedad nativa del poblado Paraguay, provincia Guantánamo.

Las semillas de *Lactuca sativa* L. que se utilizaron en el ensayo corresponden al lote BSS-13, fueron suministradas por la Empresa de Semillas de Santiago de Cuba, y almacenadas previamente en ambiente seco a 40 °C. Se obtuvo como referencia el Manual de ensayos

---

toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas.

Esta es una prueba estática de toxicidad aguda (120 h de exposición) en la 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. Como puntos finales para la evaluación de los efectos fitotóxicos, se determinan la inhibición en la germinación, elongación de la radícula y del hipocótilo (figura 1) con 5 tratamientos (1 %, 3 %, 10 %, 100 % y un control negativo con agua destilada) (OECD, 2006). Estudios han demostrado que distintas especies de organismos presentan un rango de sensibilidad a una diversidad de contaminantes ambientales. Para que la prueba pueda constituirse en una prueba de evaluación aceptada para los organismos seleccionados, debe de conocerse su biología, presentar alta sensibilidad a los tóxicos, tener factibilidad de mantenerse in vitro y de la reproducibilidad en los ensayos (Bessy et al., 2024).



**Figura 1.** Morfología de la semilla y la plántula de lechuga

Fuente: Sobrero y Ronco (2019)

La inhibición en la elongación de la radícula y el hipocótilo constituyen indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en vegetales. Al evaluar la toxicidad de los metabolitos con el modelo de *Lactuca sativa* L. se observó una reducción significativa en la longitud de la raíz lo que sugiere afectaciones en las células meristemáticas del modelo biológico (Montes et al., 2022).

Se prepararon mezclas con el aceite refinado de *Jatropha curcas* L. creándose 4 tratamientos de concentraciones al 1, 3, 10 y 100 %, con el fin de controlar la sensibilidad de las semillas. Simultáneamente se realizó la evaluación de la toxicidad de una muestra con agua destilada como control negativo.

La medida de la elongación de la radícula se considera desde el nudo (región más engrosada de transición entre la radícula y el hipocótilo) hasta el ápice radicular. La medida de la elongación del hipocótilo se considera desde el nudo hasta el sitio de inserción de los dos cotiledones.

Para tabular, calcular y graficar los datos obtenidos en la prueba de toxicidad aguda, se utilizó el programa Microsoft Excel versión 2003. Para realizar las pruebas estadísticas correspondientes se empleó el programa *SPSS Statistics 22*.

Se calcula para cada concentración:

- Porcentaje de germinación, se emplea la ecuación 1 para cada una de las concentraciones.

$$G (\%) = \frac{G}{T} * 100 \quad (1)$$

Donde:

G (%): porcentaje de germinación

G: número de semillas germinadas.

T: número de semillas en la muestra tratada.

- Porcentaje de inhibición, se calcula utilizando la ecuación 2 para cada una de las diferentes concentraciones probadas.

$$I (\%) = \frac{(C-T)*100}{C} \quad (2)$$

Donde:

I (%): porcentaje de inhibición.

C: número de semillas germinadas en el control negativo agua.

T: número de semillas en la muestra tratada.

Las pruebas de germinación clasifican a las sustancias de acuerdo a los porcentajes de inhibición de la germinación mostrados (Ramírez & Mendoza, 2008).

- Tóxico: cuando la inhibición de la germinación es superior al 40 %.
- Aparición de toxicidad: cuando la inhibición de la germinación se encuentra entre 10 % y 40 %.
- No tóxico: cuando la inhibición es inferior al 10 %.

Se determinó además el promedio de la elongación de la raíz y del hipocótilo de las plántulas para cada mezcla, así como el porcentaje de inhibición del crecimiento de la radícula y del hipocótilo, con el promedio de elongación para cada mezcla respecto al promedio de elongación del control positivo.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de la muestra control de las semillas empleadas tienen un porcentaje de germinación de 98 % y un coeficiente de variación de la elongación de la radícula e hipocótilo igual a 15 %, por lo cual resulta válida la prueba.

El trabajo realizado por Romero et al. (2020), quienes realizaron una evaluación ecotoxicológica del manejo de residuos contaminados con diésel, se obtuvo que en los controles hubo una germinación del 100 % del bioindicador, por lo que se consideran válidos todos los bioensayos.

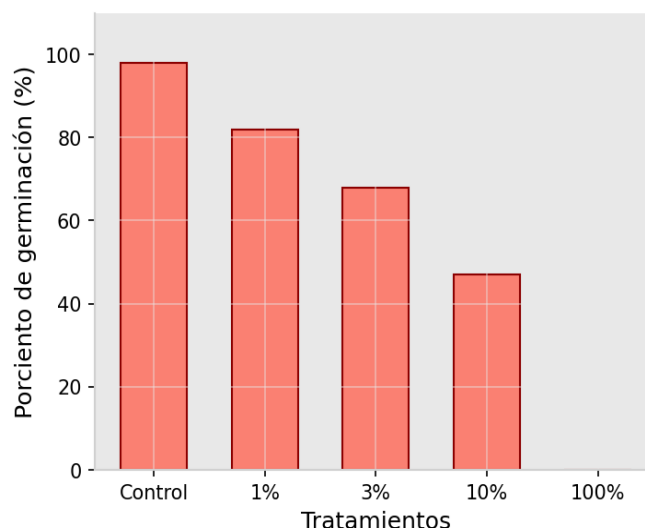
Estos resultados son superiores a los reportados por Álvarez et al. (2023) los que obtuvieron una germinación de 63,3 %, utilizando la semilla de *Lactuca sativa L.* para determinar la toxicidad de los biolubricantes hidráulicos formulados a partir del aceite de *Jatropha curcas* modificado químicamente.

Coincide además con lo que reporta las Directrices para el ensayo de productos químicos, los que indican un porcentaje de germinación en el bioensayo de 98 %, conforme a los criterios internacionales (OECD, 2006).

---

### 3.1. Resultados de la prueba de toxicidad aguda del aceite refinado de *Jatropha curcas* L. con semillas de *Lactuca sativa* L

Como se observa en la figura 2, en la siembra de las semillas de *Lactuca sativa* L. (lechuga) con el aceite de *Jatropha curcas* L. refinado, se presentó variabilidad en el comportamiento de la germinación, el mayor porcentaje de esta (82 %) se logró para 1 % de concentración del aceite. Mientras que, para las concentraciones de 3 y 10 % la germinación fue de un 68 y 47 % respectivamente. Para un 100 % de concentración se hizo nula la germinación, mostrando la mayor diferencia entre el control que fue de 98 % y las diferentes concentraciones del aceite refinado empleado.



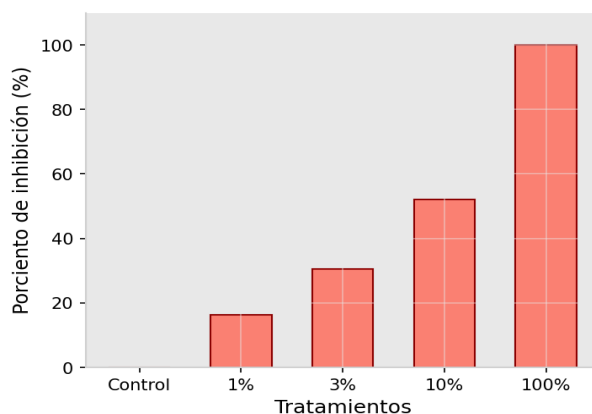
**Figura 2.** Porcentaje de germinación de las semillas de *Lactuca sativa* L. a la exposición de las concentraciones del aceite de *Jatropha curcas* L.

Este resultado coincide con lo reportado por Álvarez et al. (2023) los que observaron reducción progresiva de germinación al aumentar la concentración del aceite. Al 100 % se registró inhibición total, comportamiento similar al reportado por Álvarez et al. (2023) en evaluaciones de biolubricantes derivados de *Jatropha curcas* L.

Así mismo, se comprobó que la semilla *Lactuca sativa* L. es una planta propicia para este tipo de estudios por su sensibilidad a varianzas dentro de su medio de desarrollo. Romero et al., (2020) refieren que no hubo germinación del bioindicador al 100 % de la concentración evaluada.

### 3.2. Inhibición de la germinación (%)

La figura 3 muestra que a mayor concentración del aceite aumenta la inhibición de la germinación en las semillas de lechuga, lo que coincide con lo reportado por González (2020). Se observa además que el mayor porcentaje de inhibición se obtuvo a una concentración del 100 % (nula), por lo cual se considera este tratamiento tóxico. Lo anterior coincide con lo establecido en el manual de ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas (Ramírez & Mendoza, 2008), donde plantea que para las concentraciones 1 y 3 % se evidencia aparición de toxicidad y al 10 % se considera tóxico.



**Figura 3.** Porciento de germinación de las semillas de *Lactuca sativa* L. a la exposición de las concentraciones del aceite de *Jatropha curcas* L.

### 3.3. Media de la elongación de la radícula y del hipocótilo (cm)

Las tablas 1 y 2 muestran el promedio de elongación de la radícula y del hipocótilo, donde se observa que con el uso de la disolución al 100 % no hubo elongación de la radícula, ni del hipocótilo, lo cual corrobora en este tratamiento que el aceite se considera tóxico. A medida que aumenta la concentración de este, disminuye la elongación de dichos órganos.

**Tabla 1.** Promedio de elongación de la radícula

| <i>Tratamientos</i> | <i>Media de longitud de la radícula (cm)</i> |
|---------------------|----------------------------------------------|
| Control             | 2,02                                         |
| 1 %                 | 1,80                                         |
| 3 %                 | 1,72                                         |
| 10 %                | 0,27                                         |
| 100 %               | 0                                            |

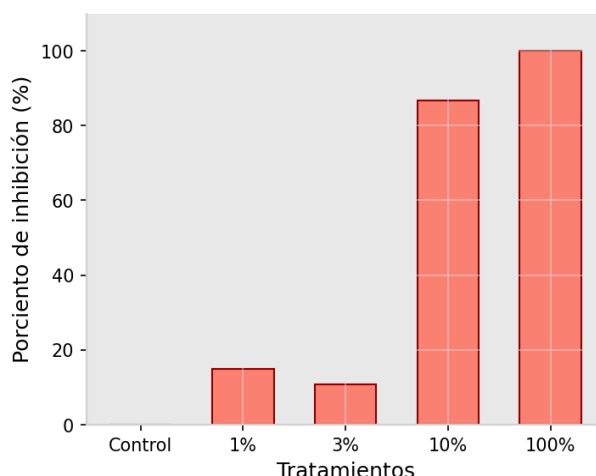
**Tabla 2.** Promedio de elongación del hipocótilo

| <i>Tratamientos</i> | <i>Media de longitud del hipocótilo (cm)</i> |
|---------------------|----------------------------------------------|
| Control             | 0,85                                         |
| 1 %                 | 0,46                                         |
| 3 %                 | 0,44                                         |
| 10 %                | 0,37                                         |
| 100 %               | 0                                            |

### 3.4. Inhibición de la elongación del hipocótilo

La Figura 3. Porciento de inhibición de la elongación del hipocótilo muestra el porciento de inhibición de la elongación del hipocótilo, apreciándose que para la concentración del 100 % el aceite refinado muestra mayor inhibición de la elongación del hipocótilo (100 %); seguido la muestra del 10 % donde la inhibición fue de 86,63 %. En estos últimos, las concentraciones se consideran tóxicas para el cultivo de *Lactuca sativa* L. Sin embargo, en los tratamientos 1 y el 3 %, la inhibición de la radícula es de 14,85 y 10,89

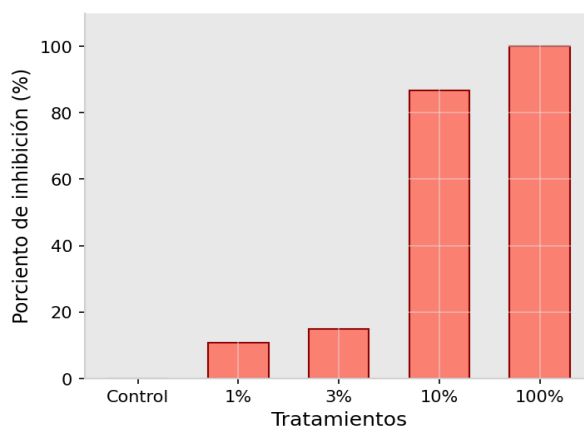
% respectivamente. A medida que aumenta la concentración del aceite aumenta el porcentaje de inhibición en la elongación del hipocótilo.



**Figura 3.** Porcentaje de inhibición de la elongación del hipocótilo de las semillas de *Lactuca sativa* L. a la exposición de las concentraciones del aceite de *Jatropha curcas* L.

### 3.5. Inhibición de la elongación en la radícula

La Figura 4. Porcentaje de inhibición de la elongación de la radícula muestra que el mayor valor de inhibición de la radícula se obtuvo para el 100 % con un valor de un 100 %, seguida de la mezcla correspondiente al 10 % con un valor de 86,63 % y por último para los tratamientos 1 y 3 %, los porcentajes fueron de 10,89 y 14,85 % respectivamente. A mayor concentración del aceite refinado aumenta la inhibición de la elongación de la radícula.



**Figura 4.** Porcentaje de inhibición de la elongación de la radícula de las semillas de *Lactuca sativa* L. a la exposición de las concentraciones del aceite de *Jatropha curcas* L.

La elongación radicular mostró mayor sensibilidad que la germinación, confirmando su utilidad como biomarcador temprano de estrés químico. La inhibición superior al 80 % en 10 % y 100 % de concentración, sugiere afectación severa de procesos fisiológicos asociados a división y elongación celular (Li et al., 2023; Gracida et al., 2025).

En un estudio realizado por Sobrero y Ronco (2019), con aceites esenciales de romero y de anís a una concentración del 50 %, no se inhibió la germinación y no se observaron



anomalías en las elongaciones de la radícula o del hipocótilo. Por lo que se puede decir que la presencia de los aceites esenciales evaluados no interfirió en los procesos fisiológicos de otras plantas. Esto coincide con lo reportado por González (2020) quienes aplicaron un bioensayo ecotoxicológico en la evaluación de una mezcla compleja ambiental y lixiviado acuoso respectivamente, obteniendo que la longitud de la radícula disminuyera. Pernía et al. (2018) refieren que la prolongación de la raíz es inhibida a concentraciones más bajas de las sustancias tóxicas, que para el caso de la germinación de las semillas; por lo tanto, puede ser un indicador más sensible de efectos biológicos. Resultados similares fueron obtenidos por Álvarez et al. (2023) al observar inhibición del crecimiento de la radícula al utilizar concentraciones del aceite de *Jatropha curcas* L. superior al 10 %.

### **3.6. Alteraciones morfológicas en los órganos medidos**

Las anomalías observadas en el sistema radicular y apical se muestran en la figura 6. Estas son raíces raquílicas y raíces atrofiadas. Específicamente en el sistema apical las anomalías son hipocótilo corto y grueso, hipocótilo curvado formando un lazo e hipocótilo retorcido formando un espiral.



**Figura 5.** Anomalías observadas en el sistema radicular y apical

El tallo es la parte aérea de la planta que entre sus funciones tiene la de dar soporte y estructura a la misma, sosteniendo sus otros órganos vegetales aéreos, que son las hojas y las flores. Además, presenta geotropismo negativo, que quiere decir que crece en sentido opuesto a la gravedad. Transporta los nutrientes y sustancias por el interior de la planta desde las raíces, la llamada savia bruta, sube hasta las hojas por los conductos del tallo, donde absorbe el dióxido de carbono y da lugar a savia elaborada, el sustento de la planta.

Es importante destacar que estas anomalías corroboran los resultados obtenidos en el experimento, ya que se nota claramente la diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre el grupo control y los tratamientos donde hubo crecimiento. De esta forma se confirma que existe una correlación notable entre el contenido de materia orgánica y la fitotoxicidad, como plantearon Louhichi et al. (2024) en su evaluación de la fitotoxicidad de las aguas residuales de refinerías de aceite vegetal empelando *Lactusa sativa*.

González et al. (2012) aplicaron un bioensayo ecotoxicológico en la evaluación de una mezcla compleja ambiental; observándose además de las anomalías detectadas en este trabajo, raíces ausentes.

#### 4. CONCLUSIONES

1. En la prueba de toxicidad aguda del aceite de *Jatropha curcas* L. refinado, se observó un aumento en la inhibición de la germinación, la elongación de la radícula e hipocótilo al aumentar las concentraciones.
2. Se encontraron anomalías en los órganos de crecimiento medidos, lo que evidencia la toxicidad del aceite de *Jatropha curcas* L. refinado.
3. El orden creciente de toxicidad del aceite refinado es  $1\% < 3\% < 10\% < 100\%$ .

#### REFERENCIAS

- Álvarez, G., Bessy, T., & Arias, T. (2023). Estudio preliminar de la toxicidad aguda de biolubricantes hidráulicos formulados con aceite de *Jatropha curcas* L. modificado. *Centro Azúcar*, 50(2), e1016. [https://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/748](https://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/748)
- Anza-Cruz, H. G., Ramírez-González, S. I., Lopez-Baez, O., & Espinosa-Zaragoza, S. (2023). Fitotoxicidad de extractos vegetales en la germinación de semillas y desarrollo inicial de plantas mono y dicotiledóneas. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(32), 118-140. <https://doi.org/10.31644/IMASD.32.2023.a07>
- Bessy, T., Dean, C. G., Barbán, D. B., Arias, C., & Rodríguez, D. (2024). Modelos biológicos para determinar la ecotoxicidad del aceite de *Jatropha curcas* L. y sus derivados: Revisión. *Tecnología Química*, 44(3), 510–528. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v44n3/2224-6185-tq-44-03-510.pdf>
- Campuzano-Duque, L. F., & Cardeno-Lopez, F. (2022). Propiedades químicas del aceite de cinco genotipos de *Jatropha curcas* L., en Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 44555. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8218094>
- Gracida, J., Jiménez, A., & Abreu, A. (2025). Estudio de un Tensoactivo Sintético en biorremediación de Agua de Mar y su Toxicidad con Bioensayos en Semillas de Lechuga y *Artemia salina*. *Tierra Latinoamericana*, 43, 1-8. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v43/2395-8030-tl-43-e2170.pdf>
- González-Pérez, Y., Marcos-Albear, E., Pérez-Garrido, N., Marín-Sánchez, D., & Argota-Pérez, G. (2012). Aplicación de un bioensayo ecotoxicológico en la evaluación de una mezcla compleja ambiental. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 12(1), 839–845. [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51542cb0968d0\\_Hig.Sanid\\_Ambient.12.\(1\).839-845.\(2012\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51542cb0968d0_Hig.Sanid_Ambient.12.(1).839-845.(2012).pdf)
- González-Suárez, J. (2020). Experiencias de pastos y forrajes. Indio Hatuey. Manual de *Jatropha curcas* L.
- Li, Q., Yin, J., Wu, L., Fu, R., & Chen, L. (2023). Ecotoxicity assessment of the water extracts from metal-contaminated and hydrocarbon-contaminated soils. *Water*, 15(23), 4061. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/23/4061>
- López, G., Zambrano, G., García, S., Burgos, G., & García, G. (2022). Epoxidación de biodiesel obtenido a partir del aceite de la semilla *Jatropha curcas* L., de la provincia
-

- de Manabí-Ecuador. “INGENIAR”: *Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 5(10), 47-63. <https://www.journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/91/126>
- Louhichi, G., El Khouni, A., Ghrabi, A. & Khouni, I. (2024). Phytotoxicity assessment of treated vegetable oily wastewater via environmentally coagulation/flocculation and membrane filtration technologies using lettuce (*Lactuca sativa*) seeds. *Recent Advances in Environmental Research for the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions*, 31, 57204–57228. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-31594-2>
- Mantuano-Eduarte, A.S., Valarezo-Quiroz, G. G., Cedeño-Cuenca, F.M., & Quijije-López, L. J. (2024). Estudio retrospectivo bibliográfico multidisciplinario de las investigaciones ecotoxicológicas desarrolladas en Ecuador hasta el 2022. *Revista Ciencia UNEMI*, 17(44), 15-32. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9752659>
- Montes, A., Romero, I. D., & Herrera, J. P. (2022). Poder fitotóxico de la *Lactuca sativa* L. como modelo biológico empleando metabolitos secundarios productos de degradación del colorante rojo Ponceau. *Revista Productos Naturales*, 5(1), 8–10. [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=3t\\_Lc\\_EAAAAJ&citation\\_for\\_view=3t\\_Lc\\_EAAAAJ:YsMSGLbcyi4C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=3t_Lc_EAAAAJ&citation_for_view=3t_Lc_EAAAAJ:YsMSGLbcyi4C)
- Muñoz, C., Soto, M. del R., & Monroy, D. M. (2024). Sistemas de innovación y transiciones sustentables: una revisión sistemática de literatura. *Avances: Cuba*, 26(4), 563–577. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9738441>
- OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. (2006). *Guidelines for the Testing of Chemicals*. <https://www.oecd.org/env/test-guidelines>
- Pernía, B., Rojas, D., Sena, L., De Sisto, A., Inojosa, Y., & Naranjo, L. (2018). Fitotoxicidad de HAP, crudos extra pesados y sus fracciones en *Lactuca sativa* L.: Una interpretación integral utilizando un índice de toxicidad modificado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 79–91. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992018000100079](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992018000100079)
- Ramírez, P., & Mendoza, A. (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. [http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/ensayo\\_toxicologico.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/ensayo_toxicologico.pdf)
- Romero, R., Chao, C., Acosta, S.L., Díaz, Y., & Navarro, Y. (2020). Evaluación ecotoxicológica del manejo de residuos contaminados con diésel. *Centro Azúcar*, 47(4), 45–56. [https://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/630/648](https://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/630/648)
- Sánchez, J., Lafargue, F., Díaz, M., García, S. A., & Pino, J. C. (2023). Propiedades fisicoquímicas y tribológicas del aceite de *Jatropha curcas* L. epoxidado. *Tecnología Química*, 43(1), 22–35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10044989>
- Sobrero, M. C., Ronco, A. (2019). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Manual de Bioensayos de Toxicidad Acuática*, 55–65. [https://www.academia.edu/27791545/Ensayos\\_de\\_toxicidad\\_aguda\\_con\\_semillas\\_de\\_lechuga](https://www.academia.edu/27791545/Ensayos_de_toxicidad_aguda_con_semillas_de_lechuga)
- Sykora, V., Clavijo, A., Calvo, D., Kromberg, F., Diaz, S., Gómez, C., Munarriz, E., & Rossen, A. (2021). Aplicación de bioensayos ecotoxicológicos para evaluar la
-

calidad del agua del arroyo Cañuelas (Buenos Aires, Argentina). *Tecnologías y Ciencias del Agua*, 12(1), 261-312. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v12n1/2007-2422-tca-12-01-261.pdf>

Villafuerte, A. G., Zambrano, F., & Bravo, R. (2023). Evaluación del potencial de uso del Piñón (*Jatropha curcas* L.) para la generación de biocombustible. *Biotiempo*, 19(2), 281–287. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v19i2.5106>

Wu, L., Yin, J., Li, Q., & Chen, L. (2022). Mixture Toxicity of Three Unconventional Gas Fracking Chemicals, Barium, O-Cresol, and Sodium Chloride, to the Freshwater Shrimp *Paratya australiensis*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 42(2), 481-494. [https://academic.oup.com/etc/search-results?page=1&q=Wu%2C%20L.%2C%20Yin%2C%20J.%2C%20Li%2C%20Q.%2C%20%26%20Chen%2C%20L.%20\(2022\).%20&fl\\_SiteID=6653&SearchSourceType=1&allJournals=1](https://academic.oup.com/etc/search-results?page=1&q=Wu%2C%20L.%2C%20Yin%2C%20J.%2C%20Li%2C%20Q.%2C%20%26%20Chen%2C%20L.%20(2022).%20&fl_SiteID=6653&SearchSourceType=1&allJournals=1)

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- M.Sc. Sara Duany Timosthe. Conceptualización, gestión de proyectos, investigación, metodología, redacción - primera redacción, redacción - revisión y edición.
- M.Sc. Orlindes Calzado Lamela. Gestión de proyectos, investigación, metodología, redacción - primera redacción, supervisión.
- M.Sc. Dunia Rodríguez Heredia. Metodología, redacción - revisión y edición, supervisión.
- M.Sc. Yuleidis González Pérez. Gestión de proyectos, supervisión, recursos.