

**Correlación en el crecimiento radicular de *Eruca sativa* Mill versus  
*Lactuca sativa* en aguas contaminadas con Zn (II)**

***Correlation in root growth of Eruca sativa Mill versus Lactuca sativa in  
waters contaminated with Zn (II)***

**Marcos Giai<sup>1</sup>**

**Estela Dolores Franco<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Juan Agustín Maza. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Mendoza. Argentina

E mail: [mgjai@umaza.edu.ar](mailto:mgjai@umaza.edu.ar)

Giai, M., Franco, E. D. (2023). Correlación en el crecimiento radicular de *Eruca sativa* Mill versus *Lactuca sativa* en aguas contaminadas con Zn (II). *Revista Estudios Ambientales*, 11 (2), 32-40.

**Recibido:** 04/07/2023 - **Aceptado:** 31/10/2023 - **Publicado:** 29/12/2023

## **RESUMEN**

La determinación de la fitotoxicidad de aguas, mediante el empleo de bioensayos basados en la germinación de semillas, constituyen un indicador de la calidad del agua destinada principalmente al riego de cultivos y el riego de arbolado urbano.

El objetivo de esta investigación fue determinar la correlación del crecimiento radicular de las especies *Eruca sativa* Mill versus *Lactuca sativa*, experimentalmente en aguas contaminadas con Zn (II).

Se realizaron ensayos de germinación en simultáneo de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) y rúcula (*Eruca sativa* Mill) ante soluciones crecientes de Zn (II) y controles, según la técnica de Sobrero y Ronco (2008). Se determinó el número de semillas germinadas en cada especie y longitud de la radícula con ayuda de una lupa de mesa iluminada. Los resultados obtenidos se expresaron como el porcentaje de la germinación relativa de semillas (GRS%), el crecimiento relativo de la radícula (CRR%) y el índice de germinación porcentual (IG%).

Se observaron crecimientos e indicadores de germinación similares de ambas especies vegetales frente a las concentraciones crecientes de soluciones de Zn (II), visualizándose diferencias significativas con respecto a sus controles. Hubo una

excelente correlación entre los índices de germinación porcentual (IG%) de ambas especies.

En base a lo descrito es necesario considerar las bondades de los ensayos de fitotoxicidad con semillas de *Eruca sativa Mill* como especie alternativa para dicho test.

**PALABRAS CLAVE;** Ecotoxicidad, *Eruca sativa Mill*, Fitotoxicidad, Contaminación, Bioensayos

### **ABSTRACT**

*Determining phytotoxicity of water through the use of bioassays based on seed germination is a reliable indicator of the quality of water intended mainly for irrigating crops and urban trees.*

*The objective of this research was to determine the correlation of root growth of the species *Eruca sativa Mill* versus *Lactuca sativa*, experimentally in waters contaminated with Zn (II).*

*Simultaneous germination tests were carried out on lettuce (*Lactuca sativa*) and arugula (*Eruca sativa Mill*) seeds with increasing solutions of Zn (II) and controls, according to the technique of Sobrero and Ronco (2008). The number of germinated seeds in each species and radicle length were determined with the help of an illuminated table magnifying glass. The results obtained were expressed as the percentage of relative seed germination (GRS%), the relative growth of the radicle (CRR%), and the percentage germination index (IG%).*

*Similar growth and germination indicators of both plant species were observed against increasing concentrations of Zn (II) solutions, showing significant differences with respect to their controls. There was an excellent correlation between the percentage germination indices (GI%) of both species.*

*The benefits of phytotoxicity tests with *Eruca sativa Mill* seeds as an alternative species should be considered for similar tests.*

**KEYWORDS:** *Ecotoxicity, *Eruca sativa Mill*, Phytotoxicity, Pollution, Bioassays*

## INTRODUCCIÓN

La determinación de la fitotoxicidad de aguas, mediante el empleo de bioensayos basados en la germinación de semillas, constituyen un indicador de la calidad del agua destinada principalmente al riego de cultivos y el riego de arbolado urbano. Consisten en métodos rápidos, de escasos requerimientos instrumentales que cuantifican respuestas biológicas en las etapas iniciales del desarrollo vegetal. Las pruebas de ecotoxicidad utilizan organismos vivos y procesos biológicos con el objeto de mensurar los efectos a corto y largo plazo de la exposición a sustancias químicas<sup>1</sup>.

La presencia de contaminantes en el agua ensayada, provoca una disminución en la germinación y una inhibición del crecimiento radicular de las semillas de los bioensayos. En los ensayos de fitotoxicidad se cuantifica esta variación en presencia de concentraciones crecientes del contaminante del agua.

Diversos autores, entre ellos Torres Rodríguez (2003) alternaron estudios con diferentes especies vegetales para medir la fitotoxicidad, como con la rúcula (Foti et al, 2005), el rabanito y el berro entre otras (Elizalde et al, 2011).

Para ampliar la batería de posibles especies de análisis de fitotoxicidad en aguas, es requisito poder comparar la correlación entre un método de referencia de fitotoxicidad con semillas de *Lactuca sativa*, con otras especies vegetales que pudieren ofrecer una mejor reproductibilidad y sensibilidad a los contaminantes presentes en el agua destinada al riego, como lo es la especie *Eruca sativa Mill.* (rúcula).

Para ello se propone como objetivos de este estudio: 1) medir la germinación de las semillas de *Eruca sativa Mill* y *Lactuca sativa* en diferentes soluciones de Zn (II) y 2) determinar la correlación del índice de germinación radicular (IG%) de ambas

especies, representada por el crecimiento radicular en los bioensayos simultáneos con aguas de distintas concentraciones de contaminantes.

Se plantea como hipótesis, demostrar las bondades de la especie *Eruca sativa Mill* como bioindicador de ensayos de fitotoxicidad en aguas contaminadas.

## METODOLOGÍA

Se realizaron ensayos de germinación en simultáneo de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) y rúcula (*Eruca sativa Mill*). Se empleó la técnica de cultivo para el ensayo de fitotoxicidad descrita por Sobrero y Ronco (2008). Donde ambas muestras fueron incubadas a 22±2 °C, al abrigo de la luz y por 120 horas. La siembra de las semillas con el agua ensayada se realizó en placas de Petri estériles de 60 milímetros de diámetro, con pads de nitrocelulosa embebida con 2 mililitros del agua a ensayar, las que fueron selladas con film adhesivo sellador Parafilm® y luego incubadas en la cámara de crecimiento.

Cada tratamiento se realizó con 5 repeticiones (placas) de 10 semillas cada una según los ensayos. Se usaron como soluciones problema, muestras de agua contaminadas con Zn (II) de concentraciones: 10, 20, 40 y 100 mg/L. Se procesaron paralelamente controles-testigo (agua mineralizada estéril) para ambas especies de semillas. Una vez terminado el periodo de incubación, se determinó el número de semillas germinadas en cada especie y longitud de la radícula con ayuda de una lupa de mesa iluminada.

Finalmente, para realizar las comparaciones adecuadas, los resultados obtenidos se expresaron como el porcentaje de la germinación relativa de semillas (GRS), el crecimiento relativo de la radícula (CRR) y el índice de germinación porcentual (IG) de acuerdo

con Hoekstra et al (2002) y Walter et al (2006), mediante las siguientes expresiones:

$$GRS(\%) = \frac{\text{Nro semillas germinadas con agua problema}}{\text{Nro de semillas germinadas con agua Testigo}} \times 100$$

$$CRR(\%) = \frac{\text{Longitud promedio de la radículo con agua problema}}{\text{Longitud promedio de la radícula con agua Testigo}} \times 100$$

$$IG(\%) = \frac{GRS \times CRR}{100}$$

Para identificar diferencias entre tratamientos (muestras y testigo), se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Dunnet (con un nivel de significancia  $p < 0.05$ ), con el paquete estadístico GraphPad Prism®. Para el cálculo de la correlación entre los índices de germinación porcentuales de las especies se empleó el test de Pearson (con un nivel de significancia de  $p < 0,05$  y  $r > 0,396$ ).

Se midió la germinación de la especie *Lactuca sativa* en las soluciones de control y crecientes de Zn (II), determinándose los correspondientes valores de germinación, longitudes radiculares medias y los respectivos indicadores de germinación (GRS%, CRR% e IG%) mostrados en Tabla 1. Se observaron diferencias significativas en el crecimiento radicular con respecto al control, de las soluciones de Zn (II) de 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm y 100 ppm, como se indican en Tabla 2 y se visualizan en la Fig. 1, respectivamente

## RESULTADOS

### Primer Ensayo: Germinación de *Lactuca sativa* en soluciones de Zn (II)

Tabla 1. Número de semillas de *Lactuca sativa* germinadas, longitud radicular (mm) promedio y desviación estándar (DE) para cada concentración de Zn (II). Valores de germinación relativa de semillas (GRS%), crecimiento radicular relativo (CRR%) e índice de germinación porcentual (IG%).

Concentración	Nro. semillas germinadas	Longitud radicular promedio (mm)	DE	GRS%	CRR%	IG%
Control	10	9,9	1,4	-	-	
10 ppm	9	7,2	2,8	90	72,73	65,46
20 ppm	7	5,9	4,1	70	59,60	41,72
40 ppm	5	1,9	2,0	50	19,19	9,59
100 ppm	2	0,2	0,4	20	2,02	0,40

Tabla 2. Análisis de los datos de diferencia de longitud radicular de *Lactuca sativa* (mm) de las soluciones de Zn (II) respecto al control mediante prueba de comparación múltiple Dunnet (Alfa: 0,05)

Ensayos	Diferencia radicular media (mm).	Significancia (p)	Intervalo de confianza (IC 95%)
Control vs 10 ppm	2,70	<0,05 (*)	0.02 - 5.38
Control vs 20 ppm	4,00	<0,01 (**)	1.32 - 6.68
Control vs 40 ppm	8,00	<0,001 (***)	5.32 - 10.68
Control vs 100 ppm	9,70	<0,001(***)	7.02 - 12.38

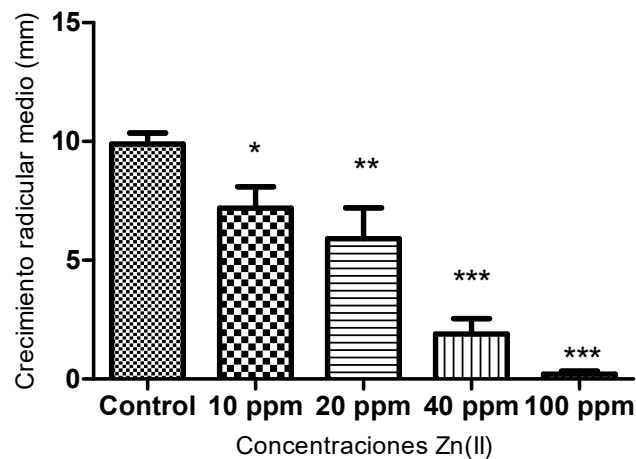


Fig. 1. Diferencia de crecimiento radicular de *Lactuca sativa* (mm) de soluciones de Zn (II). Prueba de comparación múltiple Dunnet (Alfa: 0,05)

**Segundo Ensayo: Germinación de *Eruca sativa* Mill en soluciones de Zn (II)**

En paralelo al ensayo anterior, se midió la germinación de la especie *Eruca sativa* Mill en las soluciones de control y crecientes de Zn (II), determinándose los correspondientes valores de germinación, longitudes radiculares medias y los respectivos indicadores de germinación (GRS%, CRR% e IG%) mostrados en Tabla 3.

También se observaron diferencias significativas en el crecimiento radicular con respecto al control, de las soluciones de Zn (II) de 10 ppm, 20 ppm, 40 ppm y

100 ppm, como se indican en Tabla 4 y se visualizan en la Fig. 2, respectivamente

Análisis de correlación del Índice de Germinación porcentual (IG%) entre *Lactuca sativa* y *Eruca sativa* Mill.

Para el cálculo de dicha correlación se confrontaron los porcentajes de inhibición de crecimiento radicular de ambas especies y se analizaron estadísticamente, observándose una excelente correlación entre los valores de las especies como se muestra en la Tabla 5 y Fig. 3.

Tabla 3. Número de semillas de *Eruca sativa Mill* germinadas, longitud radicular (mm) promedio y desviación estándar (DE) para cada concentración de Zn (II). Valores de germinación relativa de semillas (GRS%), crecimiento radicular relativo (CRR%) e índice de germinación porcentual (IG%).

Concentración	Nro. semillas germinadas	Longitud radicular promedio (mm)	DE	GRS%	CRR%	IG%
Control	9	18,6	6,6	-	-	
10 ppm	9	12,7	4,6	100	68,28	68,28
20 ppm	8	9,6	6,7	89	51,61	45,93
40 ppm	5	3,9	4,2	55	20,97	11,53
100 ppm	2	0,2	0,4	22	1,08	0,23

Tabla 4. Análisis de los datos de diferencia de longitud radicular de *Eruca sativa Mill* (mm) de las soluciones de Zn (II) respecto al control mediante prueba de comparación múltiple Dunnet (Alfa: 0,05)

Ensayos	Diferencia radicular media (mm).	Significancia (p)	Intervalo de confianza (IC 95%)
Control vs 10 ppm	5,90	<0,05 (*)	0,03 – 11,77
Control vs 20 ppm	9,00	<0,01 (**)	3,13 – 14,87
Control vs 40 ppm	14,70	<0,001 (***)	8,83 – 20,57
Control vs 100 ppm	18,40	<0,001 (***)	12,53 – 24,27

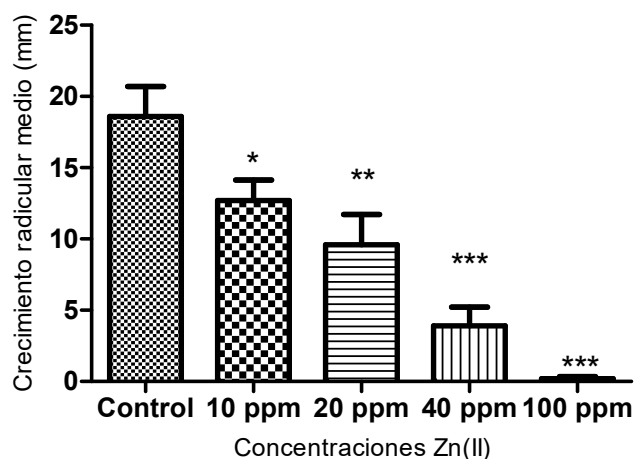


Fig. 2. Diferencia de crecimiento radicular de *Eruca sativa Mill* (mm) de soluciones de Zn (II). Prueba de comparación múltiple Dunnet (Alfa: 0,05)

Tabla 5. Análisis de correlación del porcentaje de inhibición de crecimiento radicular (%ICR) de ambas especies. (Test de Correlación Pearson y  $r^2$ , Alfa: 0,05)

Análisis	Valor	Intervalo de confianza (IC 95%)	Significancia (p) (Alfa: 0,05)
Correlación (Pearson)	0,9992	0.96 – 1,00	0,0008
Pendiente	1.04 ± 0.02	0.92 - 1.17	
Bondad de ajuste ( $r^2$ )	0,9984		

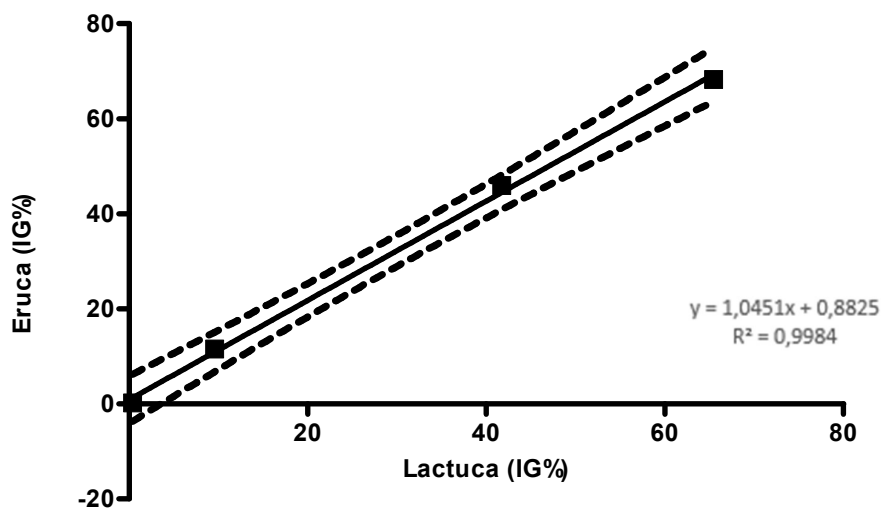


Figura 3. Correlación del % de inhibición de crecimiento radicular (%ICR) entre ambas especies.

## DISCUSIÓN

Los resultados indican que ambas semillas presentan índices de germinación porcentuales (IG%) similares y aceptables para los bioensayos de fitotoxicidad ante soluciones crecientes de Zn (II). Se observó un similar comportamiento de ambas especies ante las soluciones de Zn (II), como fue observado por Foti et al (2005) para ambas especies en ensayos con aguas contaminadas, por Elizalde et al (2011) para las germinaciones experimentales con semillas de rúcula y por Ayala et al (2019) en bioensayos con semillas de *Lactuca sativa* en aguas contaminadas con cloruro de potasio.

Se observó un mejor crecimiento radicular absoluto promedio (mm) en las semillas de *Eruca sativa Mill* con respecto a *Lactuca sativa*.

Se observó una excelente correlación entre los índices de germinación porcentual (IG%) entre especies ( $r^2$ : 0,9992, p: 0,0008. Pearson Test).

Ello conlleva a considerar la versatilidad de los ensayos con la especie para diferentes tipos posibles de contaminantes hídricos, como herbicidas (Sanchez, 2022), derivados de hidrocarburos (Cruz et al, 2019 y Giacomini, 2022), derivados de la industria textil (Moraes Junior, 2019).

## CONCLUSIONES

En base a los antecedentes mencionados y los resultados obtenidos, es necesario considerar las bondades de los ensayos de fitotoxicidad con semillas de *Eruca sativa Mill* como especie alternativa del

mencionado test, en virtud de su excelente correlación con el método estándar y por permitir una mejor visualización en la medición del crecimiento radicular de la mencionada especie.

## BIBLIOGRAFÍA

Ayala Apaza, B. V., Huanca Chui, C., & Fernández Chávez, C. M. (2019). Evaluación del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) en sistema hidropónico bajo dos niveles de cloruro de potasio. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 66-71. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182019000200009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182019000200009&script=sci_arttext)

Cruz, J. M., Corroqué, N. A., Montagnoli, R. N., Lopes, P. R. M., Morales, M. A. M., & Bidoia, E. D. (2019). Comparative study of phytotoxicity and genotoxicity of soil contaminated with biodiesel, diesel fuel and petroleum. *Ecotoxicology*, 28, 449-456. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-019-02037-x>

Elizalde, J. H. I., Lallana, V. H., Lallana, M. D. C., Billard, C. E., & Docentes, C. D. F. V. TÍTULO: TRANSFERENCIA DE UNA TÉCNICA PARA DETERMINAR CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO. Disponible en: [www.unl.edu.ar/iberoextension/dvd/archivos/ponencias/mesa1/transferencia-de-una-tecnica.pdf](http://www.unl.edu.ar/iberoextension/dvd/archivos/ponencias/mesa1/transferencia-de-una-tecnica.pdf)

Foti, M. N., Billard, C., & Lallana, V. H. (2005). Bioensayos de germinación con semillas de rúcula y lechuga para monitoreo de calidad de agua. *Revista Científica Agropecuaria*, 9(1), 47-53. Disponible en: [http://www2.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%209/rca\\_9\\_1\\_pdf/rca\\_91\\_f.PDF](http://www2.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%209/rca_9_1_pdf/rca_91_f.PDF)

Giacomini, M. C (2022). Estudo de monitoramento da biota em colunas de Winogradsky contaminadas com óleo diesel puro. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/216352>

Hoekstra N.T., Bosker T. y Lantinga E.A. (2002). Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress (*Lepidium sativum* L.). *Agricult. Ecosys. Environ.* 93, 189-196.

Moraes Júnior, J. R. (2019). Tratamento eletrolítico de efluentes têxteis: avaliação da eficiência do processo e do potencial ecotoxicológico utilizando diferentes bioindicadores. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/190681>

Sánchez, P. (2022). Evaluación de la degradación de herbicidas solos y en mezcla con fungicidas en camas biológicas, mediante el uso de test biológico. Comunicación. Universidad Nacional del Litoral. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/6538/POSBIO2.pdf>

Sobrero M.C. y Ronco A. (2008). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. En: Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. (P. Ramírez Romero y A. Mendoza Cantú, Comp.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México pp. 55-68

Torres Rodríguez, M. T. (2003). Empleo de los ensayos con plantas en el control de contaminantes tóxicos ambientales. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 41(2-3), 0-0. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032003000200009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032003000200009)



Walter I., Martínez F. y Cala V. (2006). Heavy metal speciation and phytotoxic effects of three representative sewage sludges for agricultural uses. *Environ. Pollut.* 139, 507-514.