

Research Article

Ecotoxicological Evaluation of Two Types of Commercial Detergents on Radish (*Raphanus Sativus*) Seeds

Evaluación Ecotoxicológica de dos tipos de detergentes comerciales en semillas de rábano (*Raphanus Sativus*)

Jessica Arcos^{1*}, Carla Haro¹, Justo Narvaez¹, Luz Estrella²

INDEXACIÓN II CONGRESO
INTERNACIONAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGIA
MORONA SANTIAGO
CICTMS 2021

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador

²Investigador Independiente, Macas, Ecuador

ORCID

Jessica Arcos: <https://orcid.org/0000-0002-9462-2219>

Corresponding Author:
Jessica Arcos

Published: 18 April 2024

Production and Hosting by
Knowledge E

© Jessica Arcos et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Abstract

This study aimed to evaluate the ecotoxicological effect of commonly used liquid and powder detergents on the parameters of germination capacity, root and hypocotyl growth, germination index, and median lethal dose (LD50) in seeds of *Raphanus sativus* (radish). Seeds were acclimatized under standardized conditions. Bioassays were prepared from a 50% standard solution, obtaining concentrations of 10;20;30;40;40;50 ppm of both detergents, each bioassay followed the completely randomized block experimental design: four replicates, one positive control, six seeds for 72 hours, ANOVA was implemented using Excel 2019. The germination percentage for the powder detergent (A) was 27.67%, while the liquid (B) did not present problems in the development. The root and hypocotyl inhalation for detergent A was 6.75 and 17.65% and B 38.24% and 50.45%, respectively; the germination index for detergent A and B was 5.80 and 38.24%, respectively. The median lethal dose was only 20.27 mg/L for detergent A. It was possible to establish that the increase in the concentrations of the detergents, decreases the determined parameters, consequent of the detergents with surfactants and sulfactants.

Keywords: *bioassay, germination, ecotoxigenology, Raphanus sativus, detergents, root elongation.*

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto ecotoxicológico de los detergentes de uso común líquido y en polvo sobre los parámetros de la capacidad de germinación, crecimiento radicular e hipocótilo, índice de germinación y la dosis letal media (DL50) en semillas de *Raphanus sativus* (rábano). Las semillas fueron aclimatadas en condiciones estandarizadas. Se prepararon bioensayos a partir de una solución patrón del 50%, obteniendo concentraciones de 10;20;30;40;50 ppm de ambos detergentes, cada bioensayo siguió el diseño experimental de bloques completamente al azar: cuatro repeticiones, un control positivo, seis semillas durante 72 horas, se implementó el análisis de varianza ANOVA mediante Excel 2019. El porcentaje de germinación para el detergente en polvo (A) fue de 27,67%, el líquido (B) no presentó problemas en el desarrollo; la inhibición radicular e hipocótilo para el detergente A fue 6,75 y 17,65% y el B 38,24% y 50,45%, respectivamente; el índice de germinación para el detergente A y B: 5,80 y 38,24%, respectivamente. La Dosis Letal Media solo se presentó en el detergente A fue de 20,27 mg/L. Se logró establecer que el aumento de las concentraciones de los detergentes disminuye los parámetros determinados, consecuente de los detergentes con tensoactivos y surfactantes.

Palabras Clave: *Bioensayo, germinación, ecotoxigología, Raphanus sativus, detergentes, elongación de las raíces.*

 OPEN ACCESS



1. Introducción

La contaminación del agua, se ha convertido en un problema mundial de la actualidad y se atribuye principalmente al rápido aumento de la población y la industrialización (1). La eliminación de los residuos domésticos, municipales e industriales sin tratar se considera la principal causa de la contaminación del agua, que plantea numerosos peligros medioambientales no sólo para la humanidad, sino también para la agricultura y la vida acuática (2). Tanto los contaminantes orgánicos como los inorgánicos, al ser desechados en el medio ambiente sin ningún tratamiento adecuado, provocan graves consecuencias medioambientales al contaminar el agua y desprestigiar la productividad del suelo (3). En cuanto a la agricultura si se emplea este tipo de agua contaminada puede generar afectaciones negativas al crecimiento y a la calidad del producto, y en consecuencia a la cadena alimentaria (4).

Entre los contaminantes domésticos, municipales e industriales, se ha prestado una atención considerable a los problemas medioambientales derivados de la producción y el consumo de componentes de los detergentes (5). Estos se refieren comúnmente a los sustitutos del jabón sintético, pero en general se conoce a cualquier componente que pueda utilizarse como agente de limpieza (6), se utilizan como agentes de lavado doméstico para limpiar la ropa, así como en instituciones e industrias para lavar vehículos, máquinas y equipos, entre otros (7). En el estudio realizado por Giagnorio et al. (8) sobre el ciclo de vida en diferentes detergentes, las inversiones mundiales, se destinan 60.000 millones de dólares al año a la producción de detergentes.

En un principio el jabón natural era un componente considerado respetuoso con el ambiente, pero los compuestos para mejorar la calidad y cantidad mejoraron debido a necesidades de salud y desarrollo industrial, cambiando sus distintas propiedades (9). Los componentes principales de los detergentes sintéticos son especies sintéticas compuestas químicamente por cinco grupos de sustancias que permiten la acción blanqueadora: tensoactivos, cargas, enzimas, formadores y agentes blanqueadores. Además, tienen aditivos, como: agente secuestrante orgánico, blanqueadores ópticos, agente azulante, reguladores de la espuma y agentes antideposición (10).

Por motivos de las crecientes aplicaciones en diferentes sectores y su presencia en las aguas residuales industriales y domésticas, están recibiendo atención como graves contaminantes, especialmente en las aguas superficiales, cuando se vierten sin ningún tratamiento adecuado (2). En efecto según Pandey y Gopal (11) los detergentes en los ecosistemas naturales provocan la eutrofización (crecimiento excesivo de algas) y la disminución de la transmisión de oxígeno y luz en el agua, que afectan a las



características de la calidad del agua dulce, alteran el pH y la salinidad de los cuerpos receptores, lo que afecta a la fauna y la flora en el suelo y a los organismos acuáticos.

Se ha informado con frecuencia de la presencia de contaminación por detergentes en las aguas superficiales, como en estudios globales el río Gediz (Turquía), Minareci et al. (12) se ha encontrado una concentración de detergente que alcanza los 5,592 mg L⁻¹. Del mismo en Ecuador (13) en el río Granobles en Pichincha ha informado concentraciones entre 0,01 mg/L y 1,7 mg/L.

La toxicidad de los detergentes para los organismos vivos es de gran preocupación y ha sido ampliamente estudiada en semillas, por ejemplo Heidari (14) concluyó que las altas concentraciones de detergentes redujeron la germinación en semillas de *Helianthus annuus* (Girasol) y *Vigna radiata* (Frijol mungo) cuando se expusieron a una solución al 0,01% (p/v) de un detergente zwitteriónico. Otro caso sucedió con Ehilen et al. (15) donde determinaron que un detergente comercial para ropa afectaba negativamente a la germinación y al crecimiento de *Amaranthus hybridus* (Amaranto) y *Solanum lycopersicon* (Tomate), causando también efectos desfavorables al suelo. Hasta donde se sabe, solo se ha aplicado un estudio reciente en la determinación de la toxicidad de los suelos contaminados por hidrocarburos a partir de la germinación del rábano (16).

El presente estudio tiene como finalidad evaluar el efecto ecotoxicológico del detergente en polvo y líquido sobre los parámetros de la capacidad de germinación, crecimiento radicular e hipocótilo, índice de germinación y la dosis letal media (DL50) en semillas de *Raphanus sativus* (rábano).

2. Materiales y Métodos

La presente investigación es de tipo experimental, descriptivo y analítico. Se realizó en el laboratorio de Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago.

2.1. Recolecta de materiales

Las semillas de *Raphanus sativus* (rábano) fueron obtenidas de un centro de insumos agrícolas AGROSAD, con características: poder germinativo del 85%, tiempo de germinación 3 días, materia inerte: inferior al 10% y 99% en pureza. Las semillas se almacenaron a temperatura ambiente (25 °C) en bolsas de papel antes de ser usadas en el experimento.



Se obtuvieron del mercado local dos detergentes de uso común uno en polvo (A) y líquido (B), los cuales se presentan las propiedades en la tabla 1 de a continuación:

Tabla 1

Propiedades de los detergentes A y B.

Detergente	Propiedades
En polvo (A)	Tensoactivos aniónicos, sulfato de sodio, silicato de sodio, bicarbonato de sodio, agua, granulo de colores, blanqueador óptico, bentonita, perfumes, secuestrante, enzimas, agua.
Detergente líquido (B)	Tensoactivos catiónicos, blanqueador optimo, perfumes y enzimas.

2.2. Desarrollo de los bioensayos

Se prepararon soluciones madres de cada producto comercial. Se prepara una solución patrón al 50% (porcentaje p/v), obteniendo cinco concentraciones (10;20;30;40;50 ppm) tanto para el detergente en polvo como el líquido, a partir de estas concentraciones se realizaron los bioensayos, considerando un control positivo y cinco concentraciones de cada detergente con 3 repeticiones; para las pruebas se necesitó 30 semillas por bioensayo.

2.3. Siembra de las semillas

Para el cultivo de *Raphanus sativus* (rábano), se utilizaron cajas Petri esterilizadas con un diámetro de 9 cm, se colocó en cada placa un disco de papel filtro Whatman N.42, como soporte y medio de inhibición. Con ayuda de una pinza se ubicó cuidadosamente a cada placa 6 semillas dejando espacio suficiente entre ellas para permitir la elongación de las semillas, saturándolas con 3 mL de las diferentes concentraciones (10;20;30;40;50 ppm) mediante goteo a las semillas, evitando que se forme acumulación de agua. Las cajas se sellaron con cinta adhesiva, y se colocaron cubiertas con papel aluminio para evitar la evaporación de la sustancia de prueba y en total oscuridad a una temperatura $22 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de 60% (17). Se incubaron durante 72 horas, posteriormente se hizo las mediciones y observaciones de las plántulas, registrando datos para el proceso estadístico. La figura 1 evidencia el crecimiento de la semilla.

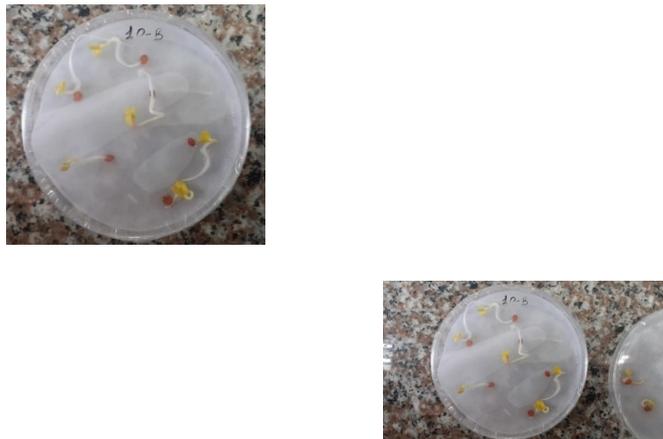


Figura 1

Blanco positivo, 72 horas de cultivo.

2.4. Mediciones de la germinación y la elongación

Para la determinación de los efectos de germinación y elongación radicular se empleó la metodología propuesta por Uzma et al. (2), se registró contando las semillas germinadas en cada placa, considerando como criterio de germinación la aparición visible de la radícula, por otro lado, para la elongación se empleó un calibrador y se midió cuidadosamente la longitud de la radícula e hipocótilo de cada una de las semillas. Alvear y Terán (18) realizan las mediciones de la elongación de la radícula se desde el nudo hasta el ápice radicular, mientras que la medida de la elongación del hipocótilo se considera desde el nudo hasta la inserción de los cotiledones, para mayor comprensión la morfología de una semilla y una plántula se representa en la figura 2.

Para realizar las comparaciones adecuadas de los resultados, se empleó las formulaciones de Hoekstra et al. (20) Martínez et al. (21) obtenidas al expresar el porcentaje de germinación relativa GRS, el crecimiento relativo de la radícula (CRR) y el índice de germinación (IG). Expresadas a continuación:

$$GRS(\%) = \frac{SG_D}{SG_B} \times 100 \quad (1)$$

$$CRR(\%) = \frac{L_D}{L_B} \times 100 \quad (2)$$

$$IG(\%) = \frac{GRS \times CRR}{100} \quad (3)$$

Donde:

SG_D : Número promedio de semillas germinadas en un tratamiento (detergente).

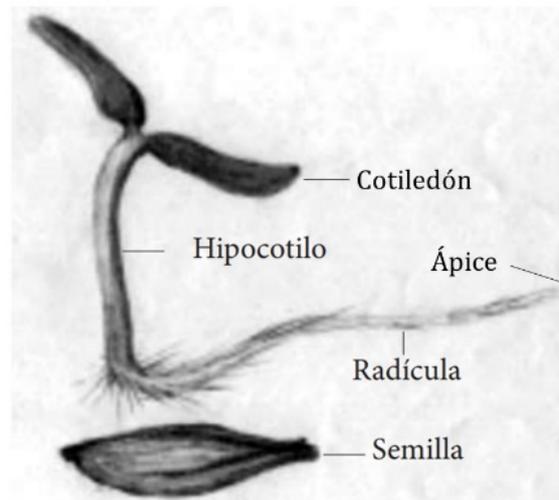


Figura 2

Morfología de la semilla y la plantula de lechuga (Lactuca sativa) (19).

SG_B : Número promedio de semillas germinadas en el tratamiento control (blanco).

L_D : Longitud promedio de la radícula de la planta en un tratamiento (detergente).

L_C : Longitud promedio de la radícula de la planta en un tratamiento control (blanco).

Para Hernández et al. (22) el índice de germinación permite determinar la toxicidad que afecto el crecimiento de la semilla. Además Rodríguez et al. (23) indica que constituye un indicador de los diversos factores que promueven o inhiben la germinación, así como los que favorecen o impiden el crecimiento de la elongación radicular, este índice expresa el porcentaje de germinación como el crecimiento radicular alcanzado por bioensayo.

2.5. Curva dosis-respuesta

Se empleo el análisis estadístico propuesto por Litchfield y Wilconxon, que establece el método aritmético para la curva dosis-respuesta, donde se emplean los datos de concentración/mortalidad (germinación) para determinar la concentración letal media o CL50, para ello, se utilizó el software Excel que al establecer las variables describe la ecuación de la recta expresada a continuación:

$$y = mx + b \quad (4)$$



En base a estos datos lineales se logra calcular el valor de x que corresponde a la DL50, que son los parámetros para la comparación de la toxicidad de los dos detergentes.

2.6. Unidades de toxicidad

Para la categorización de las unidades de toxicidad se empleó el procedimiento establecido por Peraza y Delgado (24), donde establece las unidades de toxicidad aguda (UT) en detergentes, cuyo valor se determina en base a la DL50, expresa la siguiente fórmula:

$$UT = \left(\frac{1}{CL_{50}}\right) * 100 \quad (5)$$

La categorización de la toxicidad para los detergentes se expresa en la tabla 2.

Tabla 2

Categorización de las toxicidad en base a las unidades de toxicidad (25).

Clasificación	Unidades de toxicidad
Muy tóxico	>4
Tóxico	2-4
Moderadamente Tóxico	1,33-1,99
Ligeramente Tóxico	<1,33

2.7. Análisis de datos

Se empleó la estadística descriptiva, todos los experimentos se utilizó un testigo y cinco concentraciones, cada una con tres réplicas independientes.

El procesamiento estadístico de la información fue realizado en Microsoft Excel 2019, se empleó el análisis de variación (ANOVA) mediante el complemento XL Fit, expresado con un diseño de bloques completo al azar, con el propósito de analizar las diferencias entre los dos tipos de detergentes evaluados, a través de la prueba Fisher, considerando como variable de respuesta el porcentaje de germinación de la semilla a 72 h de exposición a los detergentes. El nivel de confianza considerado para este trabajo fue del 95 %.

3. Resultados

3.1. Efecto sobre la germinación

En la germinación de las semillas de *Raphanus sativus* expuestas a diferentes concentraciones (10; 20; 30; 40; 50ppm) de detergente A y B, así como el control después de 72 horas, se puede apreciar en la figura 3 que no se notó discrepancias en la germinación correspondiente al detergente B, eso quiere decir que el 100% de las semillas germinaron, mientras que en el A se evidenció un efecto significativo, en donde a medida que se aumentó la concentración disminuyó el número de semillas que germinaban, obteniendo la más alta germinación de 94,44% para las concentraciones de 10 ppm, y la más baja germinación de 0% en concentraciones de 30, 40, 50 ppm.

Este resultado ratifica que las semillas no toleran este rango de concentraciones de contaminación de los detergentes.

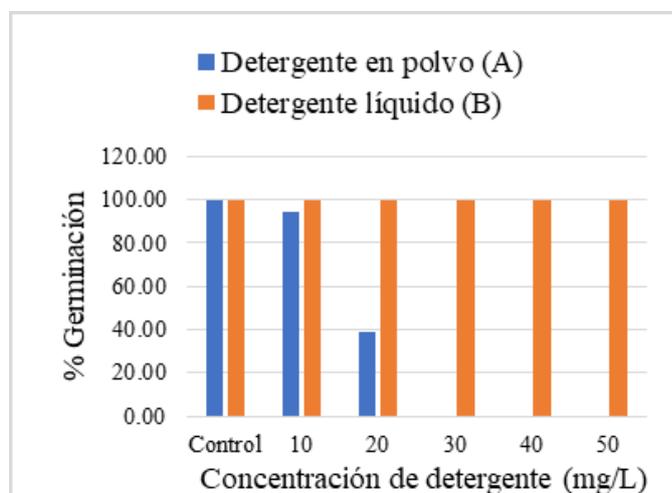


Figura 3

Efecto de los detergentes A y B en la germinación de semillas de Raphanus sativus.

En las pruebas de sensibilidad mediante el ANOVA se establecieron 6 tratamientos y 3 observaciones. Según los resultados obtenidos se observa que el F calculado en la tabla 3 es mayor que el F teórico, por lo tanto existen diferencias significativas en los dos tipos de detergentes sobre el porcentaje de germinación, en consecuencia se acepta la hipótesis alternativa, determinando de esta manera que las diferentes concentraciones producen efectos aleatorios en la semilla de estudio.

3.2. Efecto sobre la elongación del hipocótilo y radícula

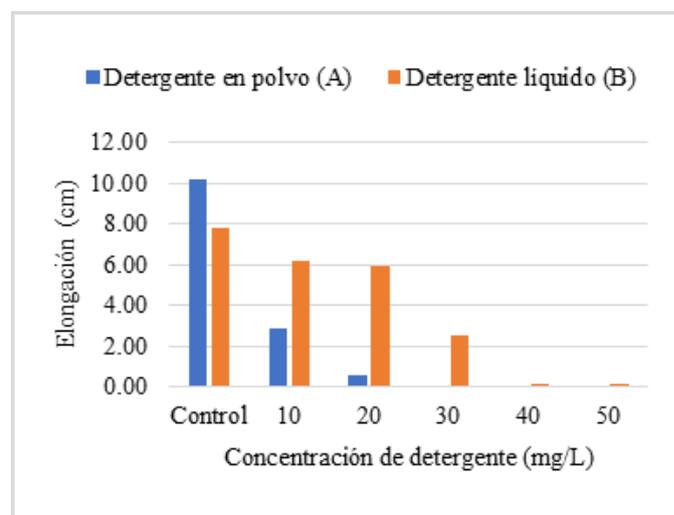
La elongación de la radícula también fue afectada de manera inversa por el incremento en la concentración de los detergentes. Si analizamos la figura 4 observamos la

Tabla 3

Resultados ANOVA para las pruebas de sensibilidad de los dos tipos de detergentes sobre el porcentaje de germinación

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F Calculado	F Teórico
Tratamientos	3438,272	4	859,568	1	6,388
Bloques	13444,444	1	13444,44	15,641	7,709
Error	3438,272	4	859,568		
Total	20320,988	9			

respuesta de las semillas de rabano sobre las distintas concentraciones, el detergente B produjo inhibición de la elongación muy marcada respecto al control y se observa que ha medida que se diluimos la concentración el efecto disminuye, lo que afirma que en la sensibilidad de esta especie en todas las disoluciones existe diferencias significativas. Para el detergente A se obtuvos valores altos de inhibición de 2,90 cm en concentraciones de 20 ppm, y las más bajas corresponden a valores de 0 cm en 30, 40 y 50 ppm; mientras que en el detergente B en todas las concentraciones se obtuvo un valor representativo, el más alto fue 6,22 cm en concentraciones de 10 ppm y el valor minimo fue 0,12 cm en 50 ppm.

**Figura 4**

Efecto de los detergentes A y B en la elongación de la raíz de semillas de *Raphanus sativus*.

De acuerdo a la figura 5 se puede observar que el hipocótilo en el detergente A tuvo una elongación de 0 cm en concentraciones altas de 30, 40 y 50 ppm hasta llegar a 2,90 en la menor concentración de 10 ppm; en el caso del detergente B los valores de



elongación son mayores, para la concentración mínima de 10 ppm discrepa 6,22 cm en cambio la máxima concentración inhibe hasta un 0,12 cm.

Según los resultados anteriores de elongación tanto para la radícula como para el hipocótilo, se puede observar que el crecimiento se ve afectado por las concentraciones de estudio de una manera inversamente proporcional, eso quiere decir, que para concentraciones bajas la elongación es menos afectada, dejando que estas crezcan sin mayor afectación.

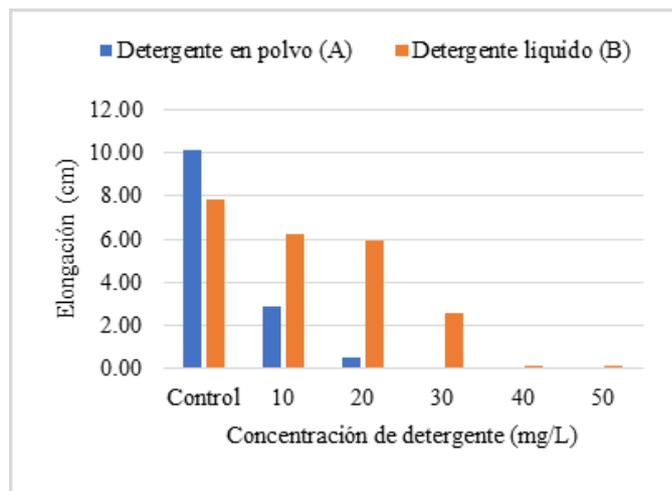


Figura 5

Efecto de los detergentes A y B en la elongación del hipocótilo de semillas de Raphanus sativus.

Tabla 4

Resultados ANOVA para las pruebas de sensibilidad de los dos tipos de detergentes sobre el porcentaje de elongación radicular

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F Calculado	F Teórico
Tratamientos	31,893	4	7,973	3,167	6,388
Bloques	13,336	1	13,336	5,297	7,708
Error	10,070	4	2,518		
Total	45,229	9			

Para los resultados en las pruebas de sensibilidad mediante el ANOVA sobre el porcentaje de elongación radicular se observa en la tabla 4 que el valor de F calculado es menor que el tabulado, eso significa que no existen diferencias significativas entre los dos tipos de detergentes.

3.3. Índice de Germinación y pruebas de toxicidad aguda sobre la germinación

Como era previsible el índice de germinación también disminuyó con el incremento de la concentración de ambos detergentes. Los resultados obtenidos muestran que el detergente A presentó los valores más bajos del índice (0%), en concentraciones de 30, 40 y 50 ppm, mientras que el detergente B presentó valores superiores a 1,49%. Al considerar el promedio de los valores del índice de germinación para los detergentes A y B, son 5,80 y 38,24%, respectivamente.

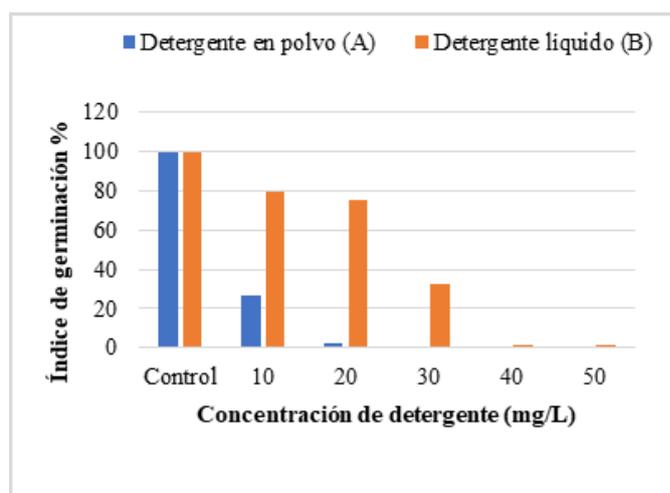


Figura 6

Evaluación de las respuestas de los detergentes A y B en el índice de germinación de las semillas de Raphanus sativus.

Se analizó los valores de mortalidad de las dos pruebas ecotoxicológicas, el valor de la varianza es de 15,43 con una desviación estándar de 3,93, además se determinó a través de la prueba de Fisher que si existe diferencias significativas sobre los dos tipos de detergentes ($F=4,5018$; $p<0,05$). Los valores obtenidos de las pruebas de toxicidad aguda de los dos detergentes no representaron mortalidad en los tratamientos de control (blanco) durante las 72 h que duró el experimento. En la figura 7 se observa los valores de toxicidad aguda en términos de DL50 para los dos tipos de detergentes. Se aprecia que el detergente A presenta una mayor toxicidad con una DL50 de 20,27 ppm mientras que el detergente B no presentó ningún valor toxicidad aguda sobre la germinación debido a que en todos los tratamientos arrojó una germinación del 100%.

Para el establecimiento del grado de toxicidad de los dos detergentes, se dieron en base a resultado de toxicidad para la determinación en su clasificación tóxica a partir de los valores de CL50 de los bioensayos en las 72 h. La tabla 5 categoriza al detergente en polvo (A) como altamente tóxico.



Tabla 5

*Categorización de los dos tipos de detergentes en *Raphanus sativus*.*

Detergente	UT	Clasificación
A (Detergente en polvo)	4,93	Muy Tóxico
B (Detergente líquido)	0	Ligeramente tóxico

Nota: UT: Unidades de toxicidad

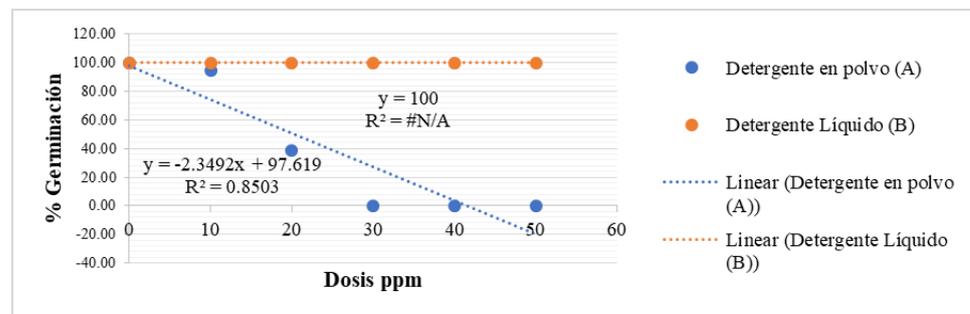


Figura 7

*Concentración efecto medio sobre la germinación (DL50) de las semillas de *Raphanus sativus*.*

4. Discusión

El uso de aguas residuales no tratadas procedentes de fuentes domésticas y municipales para el riego es una práctica común en los países en desarrollo, el detergente para ropa es un componente habitual de estas aguas, puede contribuir a la fitotoxicidad que supone el riego de estas aguas (2), en el presente trabajo se analizó efectos de dos tipos de detergentes de uso común sobre diferentes parámetros de *Raphanus sativus*. En los resultados obtenidos del porcentaje de germinación, se observó efectos significativos a medida que aumentaba la concentración del detergente. Heidari (14) corrobora que hasta una concentración de 2 ppm no tenía efecto significativo sobre la germinación de *Raphanus sativus*, pero inhibían las semillas cuando la concentración del detergente aumento a 30 ppm. Sin duda esto refleja que los detergentes en bajas concentraciones pueden no ser una amenaza para la etapa de germinación.

Así mismo se evidenció la disminución tanto de la elongación de la radícula como del hipocótilo en la plántula, los resultados de Pérez y Cubides (26) revelan que el uso de los detergentes con tensoactivos aniónicos inhibe el desarrollo del hipocótilo y la radícula en un 50% de la población expuesta, por lo tanto, se corrobora que en el presente estudio el detergente líquido ha reducido un 38,24 y 50,45%, respectivamente la elongación de la plántula.

En cuanto al índice de germinación disminuyó con el incremento de la concentración de ambos detergentes hasta un “0%”, Rodríguez et al. (23) detalló que en su estudio



de toxicidad en aguas de superficiales obtuvo valores muy bajos del índice “47,95%”, lo que dedujo fue, que este tipo de aguas estaba con altos niveles de sulfatos, esto rectifica el motivo por el cual el detergente en polvo (A) que contiene este tipo de sales obtuvo valores muy significativos para todos los parámetros evaluados.

La ecotoxicidad de los tratamientos se notó la alta toxicidad que representa el detergente en polvo (B), Temara et al. (27) detalla que los tensoactivos son potencialmente peligrosos para la fauna acuática y salud humana, debido a que poseen propiedades de carácter anfifílico y su capacidad de solubilizarse en la membrana es muy lenta, según Rondón et al. (28) los tensoactivos aniónicos suelen presentar mayor toxicidad aguda. En función a esto, los resultados coinciden con el estudio realizado por Peraza y Delgado (24) en cuanto al estudio de la dosis letal media de cuatro detergentes empleando semillas de *Laeonereis culveri*, reveló valores entre 12,88 y 22,12 ppm; mientras que en el presente estudio se estableció un valor de 20,27 ppm. Por ende es evidente que la toxicidad de este tipo de detergentes causen daños a los cuerpos de agua, particularmente donde exista descargas domésticas sin ningún tratamiento adecuado.

5. Conclusiones

Se evaluó el efecto ecotoxicológico de los dos tipos de detergentes de uso común líquido y en polvo sobre las semillas de *Raphanus sativus*, para todos los ensayos empleados a medida aumentaban las concentraciones de los tratamientos, disminuyó la cantidad de semillas germinadas, elongación radicular e hipocótilo y el índice de germinación, el detergente en polvo presentó una inhibición significativa en los distintos parámetros a evaluar.

Se comparó el porcentaje de germinación, elongación de la raíz e hipocótilo y el índice de germinación de en función a los dos tipos de detergentes, el promedio de germinación para el detergente en polvo fue de 26,67%, mientras que para el líquido fue del 100%. En cuanto a la inhibición de la elongación de la raíz e hipocótilo el detergente en polvo presentó los valores más bajos con el 6,75 y 17,65 % mientras que el líquido 38,24 y 50,45%, respectivamente. El valor del índice de germinación presentó diferencias significativas para el detergente en polvo con el 5,80% mientras que el líquido 38,24%.

Se determinó la Dosis Letal Media de los dos tipos de detergentes estudiados, el que presentó la mayor toxicidad en las 72h de exposición fue el detergente en polvo con el 20,27 mg/L categorizándose como muy tóxico, en cambio el líquido en las concentraciones empleadas no presentó un valor de mortalidad.



Conflicto de Intereses

No existe conflicto de intereses ni problemas al publicar los datos obtenidos en el presente estudio.

References

- [1] Ensink JHJ, Mahmood T, van der Hoek W, Raschid-Sally L, Amerasinghe FP. A nationwide assessment of wastewater use in Pakistan: An obscure activity or a vitally important one? *Water Policy*. el 1 de junio de 2004;6(3):197–206. <https://doi.org/10.2166/wp.2004.0013>.
- [2] Uzma S, Khan S, Murad W, Taimur N, Azizullah A. Phytotoxic effects of two commonly used laundry detergents on germination, growth, and biochemical characteristics of maize (*Zea mays* L.) seedlings. *Environmental Monitoring and Assessment*. el 18 de octubre de 2018;190(11):651.
- [3] Islam M, Khan M, Akhtar M, Oki Y, Adachi T. Impacts of industrial effluents on plant growth and soil properties. el 22 de noviembre de 2022.
- [4] Azizullah A, Khattak MNK, Richter P, Häder DP. Water pollution in Pakistan and its impact on public health — A review. *Environment International*. el 1 de febrero de 2011;37(2):479–497.
- [5] Abd-Allah AMA, Srorr T. Biodegradation of anionic surfactants in the presence of organic contaminants. *Water Research*. el 1 de marzo de 1998;32(3):944–947. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00223-6](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00223-6).
- [6] Penteado JC, Seoud OA, Carvalho LR. Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. *Quim Nova*. 2006;29(5):1038–1046.
- [7] Yahaya T, Okpuzor J, Oladele EO. Investigation of Toxicity of Detergents. *J of Environmental Science and Technology*. el 15 de octubre de 2011;4(6):638–645.
- [8] Giagnorio M, Amelio A, Grüttner H, Tiraferri A. Environmental impacts of detergents and benefits of their recovery in the laundering industry. *Journal of Cleaner Production*. el 15 de junio de 2017;154:593–601. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.012>.
- [9] Kogawa AC, Cernic BG, do Couto LGD, Salgado HRN. Synthetic detergents: 100years of history. *Saudi Pharmaceutical Journal*. el 1 de septiembre de 2017;25(6):934–938.
- [10] Smulders E, von Rybinski W, Sung E, Rähse W, Steber J, Wiebel F, et al. Laundry Detergents. En: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 2007 [citado el 21 de noviembre de 2022]. Disponible



- en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/14356007.a08_315.pub2
https://doi.org/10.1002/14356007.a08_315.pub2.
- [11] Pandey P, Gopal B. Effect of detergents on the growth of two aquatic plants: *Azolla pinnata* and *Hydrilla verticillata*. 2010;9.
- [12] Minareci O, Öztürk M, Egemen Ö, Minareci E. Detergent and phosphate pollution in Gediz River, Turkey. *Academic Journals*. 2009;8(15):3568–3575.
- [13] Pacheco WE. Contaminación por detergentes-Agents Nocivos Olvidados-. Caso de Estudio: El Río Granobles. 2015 [Internet,Thesis]. Universidad Internacional SEK; 2015 [citado el 21 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/1452>
- [14] Heidari H. Effect of irrigation with contaminated water by cloth detergent on seed germination traits and early growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*. el 23 de febrero de 2013;5(1):86–89.
- [15] Ehilen O, Obadoni BO, Imade FN, Esegbe D. The effect of detergents on the germination and growth of *Amaranthus hybridus* L. and *Solanum lycopersicon* L. *Nigerian annals of Natural Sciences*. el 1 de enero de 2017;16:100–108.
- [16] Callupe NJ. Viabilidad de un método toxicológico a partir de la germinación del rábano (*Raphanus sativus* L.) para determinar toxicidad de suelos contaminados por hidrocarburo en laboratorio. Universidad Nacional Agraria de la Selva [Internet]. 2020 [citado el 22 de noviembre de 2022]; Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1833>
- [17] Águila E, Marrero O, Cárdenas Y, Bernal N. Evaluación ecotoxicológica de extractos acuosos de plantas en semillas de rábano, lechuga y tomate. Centro Agrícola [Internet]. 2013 [citado el 23 de noviembre de 2022]; Disponible en: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Evaluaci%C3%B3n+ecotoxicol%C3%B3gica++de+extractos+acuoso+de+plantas+en+semillas+de+r%C3%A1bano%2C+lechuga+y+tomate&author=%C3%81guila%2C+E.%2C+Universidad+Central+Marta+Abreu%2C+Villa+Clara+Cuba&publication_year=2013
- [18] Alvear NG, Terán MA. Análisis preliminar de la fitotoxicidad del material particulado sedimentable de la zona urbana de Cuenca. *Maskana*. el 1 de diciembre de 2015;6(1):95–105.
- [19] Sobrero M, Ronco A. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. [Internet]. Canadá: IDRC, IMTA; 2004 p. 55–67. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/573/cap4.pdf>
- [20] Hoekstra NJ, Bosker T, Lantinga EA. Effect of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress (*Lepidium sativum*



- L.). *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2002;93(1-3):189–196.
- [21] Martínez F, Cala V, Walter I. Heavy metal speciation and phytotoxic effects of three representative sewage sludges for agricultural uses. *Environmental Pollution*. el 1 de febrero de 2006;139(3):507–514.
- [22] Hernández I, Lárez LM, García JV. Evaluación de la toxicidad de un suelo contaminado con diferentes tipos de crudos sobre la germinación de dos pastos tropicales. *Bioagro*. agosto de 2017;29(2):73–82.
- [23] Rodríguez Romero AJ, Robles Salazar CA, Ruíz Picos RA, López López E, Sede no Díaz JE, Rodríguez Dorantes A. Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitoreo de la calidad del agua del río Chalma. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2014;30(3):307–316.
- [24] Peraza RG, Delgado VH. Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (Webster 1879) (Polychaeta: Annelida). *Revista internacional de contaminación ambiental*. mayo de 2012;28(2):137–144.
- [25] Salda na PF, Yamanaka V, Antonieta M, Gomez Balandra MA. Calidad del Agua en Colectores de la Ciudad de Puebla y la Aplicación de Análisis de Toxicidad. InstitutoMemorias XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental [Internet]. 2022; Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Pilar-Saldana/publication/267697302_CALIDAD_DEL_AGUA_EN_COLECTORES_DE_LA_CIUADAD_DE_PUEBLA_Y_LA_APLICACION_DE_ANALISIS_DE_TOXICIDAD/links/546e17d80cf2b5fc17603dde/CALIDAD-DEL-AGUA-EN-COLECTORES-DE-LA-CIUADAD-DE-PUEBLA-Y-LA-APLICACION-DE-ANALISIS-DE-TOXICIDAD.pdf
- [26] Pérez F, Cubides CB. Determinación de la concentración de inhibición media (CE50-120) producida por la plata (Ag) y los detergentes aniónicos (Las) mediante bioensayos de toxicidad sobre semillas de lechuga (*Lactuca Sativa* L.). *Ingeniería Ambiental y Sanitaria* [Internet]. 2010; Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/124
- [27] Temara A, Carr G, Webb S. Sharing insights elevates their impact [Internet]. S&P Global. 2021 [citado el 29 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/linear-alkylate-chemical-economics-handbook.html>
- [28] Rondón IS, Ramírez WF, Eslava PR. Evaluación de los efectos tóxicos y concentración letal 50 del surfactante Cosmoflux® 411F sobre juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2007;20(4):431–446.