

Efecto fitotóxico de detergente y bismuto sobre la germinación y crecimiento inicial de *Melotria scabra* (sandía de ratón)

RESUMEN: El bismuto se ha considerado durante mucho tiempo un metal de baja toxicidad; sin embargo, los estudios sobre la fitotoxicidad han sido limitados en comparación con otros metales pesados, al igual que sus interacciones con otros contaminantes. Este estudio evaluó los efectos de la contaminación por bismuto y detergente en su presentación líquida y en polvo sobre la germinación y crecimiento inicial de semillas de sandía de ratón (*Melotria scabra*), aplicando un diseño factorial con seis niveles para detergente y dos para bismuto (0 y 20 mg/L). El detergente líquido demostró ser un inhibidor de la germinación de semillas de *M. scabra*, mostrando una clara relación dosis-respuesta. La adición de bismuto, tanto de forma individual como en combinación con el detergente líquido, no modificó significativamente este efecto inhibitorio.

El detergente en polvo también inhibió la germinación y al combinarse con bismuto se observó un efecto sinérgico, potenciando su efecto inhibitorio. Además, con respecto al desarrollo de las plántulas, ambos detergentes afectaron negativamente su crecimiento, reduciendo su longitud, peso y desarrollo radicular. La inclusión de bismuto en los tratamientos no alteró significativamente este patrón, sugiriendo una ausencia de interacciones significativas entre ambos compuestos. Los hallazgos de este estudio apoyan el papel de baja toxicidad de el bismuto en esta especie vegetal de forma individual o combinada con otros contaminantes.

PALABRAS CLAVE: bismuto, detergente en polvo, detergente líquido, germinación, inhibición, *Melotria scabra*.



Colaboración

Arturo Cabrera Vázquez, Escuela de Bachilleres Artículo Tercero, José Guillermo Franzua Perdomo, Arturo Cabrera Hernández, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 18 de octubre de 2024

Fecha de aceptación: 22 de noviembre de 2024

ABSTRACT: Bismuth has long been considered a low-toxicity metal, however studies on phytotoxicity have been limited compared to other heavy metals as well as its interactions with other contaminants. This study evaluated the effects of contamination by bismuth and detergent in its liquid and powder presentation on the germination and initial growth of mouse watermelon (*Melotria scabra*) seeds applying a factorial design with six levels for detergent and two for bismuth (0 and 20 mg/L). The liquid detergent proved to be an inhibitor of *M. scabra* seed germination, showing a clear dose-response relationship. The addition of bismuth, both individually and in combination with the detergent, did not significantly modify this inhibitory effect.

The powdered detergent also inhibited germination and when combined with bismuth, a synergistic effect was observed, enhancing its inhibitory effect. Furthermore, both detergents individually negatively affected the growth of the seedlings, reducing their length, weight and root development. The inclusion of bismuth in the treatments did not significantly alter this pattern, suggesting an absence of significant interactions between both compounds. The findings of this study support the role of low toxicity for bismuth in this species individually or in combination with other contaminants.

KEYWORDS: bismuth, powder detergent, liquid detergent, germination, inhibition, *Melotria scabra*.

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas han inducido cambios significativos en los flujos biogeoquímicos naturales, acelerando la tasa de transferencia y acumulación de contaminantes en los ecosistemas. Estos desequilibrios comprometen la integridad de los recursos hídricos y edáficos a nivel mundial, con implicaciones directas para la salud humana y ambiental [1].

La gestión inadecuada de residuos industriales y domésticos favorecen la dispersión, mezcla, recombinación y acumulación de una amplia gama de contaminantes asociados a actividades de minería, procesamiento de minerales, agricultura, construcción y producción de energía [2].

La contaminación por metales pesados y detergentes ejemplifica la compleja interacción entre actividades humanas y el medio ambiente. Los metales pesados, debido a su persistencia en el medio ambiente y su capacidad de bioacumularse y biomagnificarse, representan un riesgo significativo en la cadena alimentaria y los ecosistemas acuáticos y terrestres [3]. Los detergentes son productos de uso cotidiano con una composición química diversa y compleja que incluyen surfactantes y aditivos como blanqueadores, enzimas, perfumes y agentes constructores, los cuales contribuyen a la contaminación ambiental y a la degradación de los recursos hídricos [4]. Al ser descargados en cuerpos de agua sin el tratamiento adecuado, alteran los delicados equilibrios de los ecosistemas acuáticos y terrestres; en estos últimos generan efectos fitotóxicos negativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas; al reducir significativamente la germinación de las semillas, inhibir el crecimiento de las plántulas y provocar deformaciones en las raíces, que a su vez alteran procesos fisiológicos esenciales en las plantas, tales como la absorción de nutrientes y la actividad enzimática [5].

La coexistencia de metales y detergentes en suelos agrícolas; producto del riego con aguas residuales, crea un escenario complejo desde el punto de vista fisicoquímico, al modificar significativamente sus propiedades, influyendo en la movilidad, disponibilidad y la traslocación de diferentes metales, con cambios que pueden tener consecuencias significativas para la germinación de semillas y el desarrollo de las plantas [6]. Se ha propuesto al bismuto como una alternativa de baja toxicidad para sustituir a metales pesados más tóxicos como el plomo. Sin embargo la investigación sobre la fitotoxicidad del bismuto ha sido limitada en comparación con otros metales pesados, particularmente en sus efectos a largo plazo y sus interacciones con otros contaminantes [7].

La sandía de ratón (*Melothria scabra*), es una cucurbitácea nativa de América con amplia distribución en México, que ha emergido como un modelo prometedor para estudios agronómicos y ecológicos. Características como: su cultivo de rápido crecimiento, alta producción de semillas y adaptación a diversas condiciones ambientales, la convierten en una especie ideal para evaluar los efectos de diversos contaminantes en las primeras etapas de desarrollo de las plantas. Además, su importancia cultural y nutricional en México la posiciona como un cultivo no convencional emergente de interés para la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria. El alto número de semillas, su pequeño tamaño y rápida germinación permite proponerla como modelo de estudio en ensayos toxicológicos [8].

En este estudio, se evaluarán los efectos combinados de una sal de bismuto y un detergente líquido comercial así como un detergente para ropa en polvo sobre la germinación y el crecimiento inicial de *M. scabra*. El objetivo es determinar cómo la interacción de estos compuestos afectan la viabilidad de las semillas y el desarrollo de las plántulas, empleando una especie emergente no convencional, los resultados nos permitirán ampliar nuestra comprensión de los impactos ambientales de estas sustancias.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material biológico

Frutos de sandía de ratón (*M. scabra*) se adquirieron en un mercado local de la ciudad de Xalapa, Veracruz, México; en julio del 2023. Estos frutos fueron cultivados en los municipios de Naolinco y Jilotepec. Se eligieron frutos maduros y en buen estado, los cuales se transportaron a temperatura ambiente en una bolsa de papel al laboratorio. Los frutos fueron cortados a la mitad y se extrajo la pulpa de su interior; la cual fue tamizada para separar las semillas, que posteriormente fueron lavadas con abundante agua para eliminar los restos de pulpa y colocadas sobre papel filtro para secarlas a temperatura ambiente, agitándolas continuamente para evitar que se adhirieran al papel o entre ellas. Cinco días después, las semillas secas fueron guardadas en un recipiente de plástico cerrado hasta su uso, y se utilizaron dentro de las siguientes dos semanas. Nitrato de bismuto pentahidratado ($\text{BiNO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\geq 98\%$, marca MEYER) fue empleado como fuente de bismuto. Como detergente se empleó un lavatrastes líquido comercial de marca líder cuya composición incluye: alquil sulfonato de sodio, alcohol etoxilado (EO 10), alquil sulfonato de magnesio, óxidos de amina, alquil sulfonato de trietanolamina, y otros aditivos (etanol, perfume, EDTA tetrasódico, colorantes, preservantes. A fin de comparar el efecto de de las dos principales presentaciones comerciales de detergente, se empleó un detergente para ropa en polvo cuya composición incluye: agentes tensoactivos aniónicos lineales (dodecilbencen sulfonato de sodio), tripolifosfato (P_2O_5), silicato, carbonato, sulfato, agente antirredespositante y perfume.

Técnica de germinación de semillas en papel húmedo

A fin de evaluar el impacto de las soluciones de Bi y/o detergente en la germinación y desarrollo temprano de semillas de sandía de ratón, se llevó a cabo un ensayo estándar de germinación sobre papel filtro en cajas de Petri. Se sembraron 20 semillas por réplica sobre discos de papel Whatman No. 1, los cuales fueron previamente esterilizados y saturados con 10 mL de cada solución de prueba.

Posteriormente, las cajas Petri que contenían los discos fueron incubadas a temperatura ambiente con condiciones de temperatura, humedad y luz constantes. Se adicionó un mL de agua destilada estéril cada tercer día a cada contenedor para compensar las pérdidas por eva-

poración. Al día cinco posterior a la siembra se evaluó el número de semillas germinadas, aplicando el criterio de considerar como semilla germinada aquella que presentó una radícula emergente de al menos 2 mm de longitud. A cada plántula se le determinaron los parámetros morfológicos de longitud y peso fresco de raíz y tallo. El ensayo se realizó por triplicado.

Diseño de experimentos

Se evaluaron 10 combinaciones únicas de concentraciones de bismuto y detergente, generadas a partir de un diseño factorial 2 x 6 (figura 1). Para la variable concentración de detergente líquido lavatrastes, las semillas fueron expuestas a seis niveles (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 y 1.25 ml/L); para la variable concentración de detergente para ropa, se emplearon seis niveles (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 y 1.25 g/L). Para la variable concentración de bismuto se evaluaron dos niveles (0 y 20 mg/L).

Análisis estadístico

La recopilación de datos se efectuó empleando el software Excel 2010. El análisis estadístico y gráfico de los datos se realizó empleando el software OriginPro 2021. En el análisis estadístico descriptivo para los promedios de los porcentajes de germinación acumulada diaria, se omitió la desviación estándar a fin de observar con claridad el comportamiento de los perfiles para cada tratamiento.

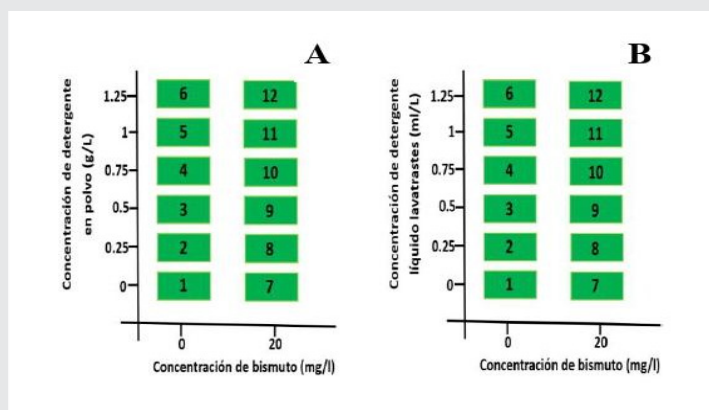


Figura 1.- Diseño experimental factorial 6 x 2 para evaluar el efecto combinado de dos niveles de bismuto (0 y 20 mg/L) y seis niveles de detergente en polvo y líquido (0-1.25 g/L y 0-1.25 ml/L, respectivamente) sobre la germinación de semillas de sandía de ratón (*Melotria scabra*). (A) Detergente en polvo. (B) Detergente líquido.

Para establecer diferencias significativas al día seis posterior a la siembra, se aplicó la transformación arcoseno y se comprobó la normalidad de los datos, a fin de aplicar la prueba posthoc de Tukey.

Para los datos de longitud y peso de tallo y raíz, se evaluó la normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene. Como prueba de hipótesis se empleó la prueba ANOVA de dos vías, ($p < 0.05$). La significancia entre medias se verificó mediante la prueba post-hoc de Tukey.

RESULTADOS

Germinación acumulada de semillas de Sandía de ratón (*M. scabra*)

Se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de dos tipos de detergentes domésticos comunes (lavatrastes y ropa) y un metal verde; el bismuto, sobre la germinación de semillas de *M. scabra*. La figura 2 muestra los perfiles del promedio diario de germinación acumulada de semillas de sandía de ratón durante 6 días posteriores a la siembra, iniciando la germinación al día 1 posterior a la siembra y evidenciando una respuesta diferencial de las semillas a los diferentes compuestos evaluados.

El panel A muestra el efecto inhibitorio del detergente líquido lavatrastes sobre la germinación de semillas de *M. scabra*. El control negativo, tratado únicamente con agua purificada, alcanzó un porcentaje de germinación de aproximadamente 70%. Sin embargo; al incrementar la concentración del detergente, se observó una disminución gradual en la germinación, alcanzando un mínimo de menos del 20% a la concentración más alta evaluada (1.25 ml/L). Estos resultados sugieren una clara relación dosis-respuesta entre la concentración del detergente y la inhibición de la germinación. El panel B presenta el efecto combinado del detergente líquido y el bismuto sobre la germinación de semillas. La línea negra, correspondiente al tratamiento con bismuto solo, muestra un perfil de germinación muy similar al del control negativo (agua purificada), sugiriendo que a una concentración de 20 mg/L, el bismuto por sí solo no inhibe la germinación de esta especie. Al combinar el detergente líquido con bismuto, se observó una atenuación del efecto inhibitorio del detergente sobre la germinación, lo que sugiere una interacción antagonista entre ambos contaminantes.

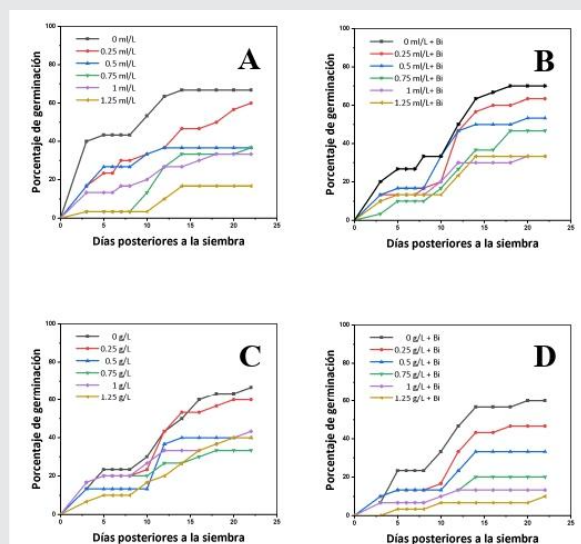


Figura 2. Promedio diario del porcentaje de germinación del efecto de diferentes concentraciones de detergente líquido lavatrastes (panel A y B) y detergente en polvo (panel C y D) sobre el porcentaje de germinación diario de semillas de *M. scabra*. Se evaluó además el efecto de las interacciones del detergente con dos niveles de bismuto (panel B y panel D). Las concentraciones de cada tratamiento y su correspondiente color se presentan en el recuadro.

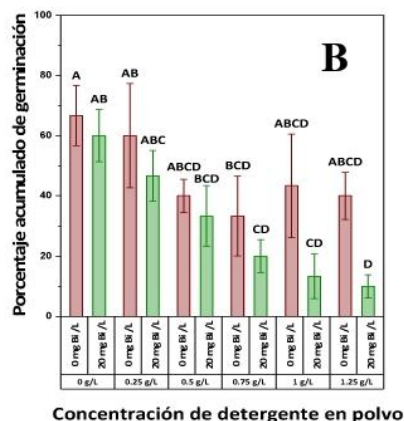
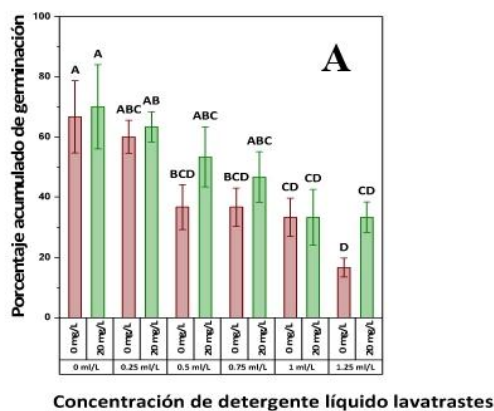


Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones de detergente líquido y en polvo, en ausencia y presencia de 20 mg/L de bismuto, sobre el porcentaje de germinación de semillas de *M. scabra* a los 6 días de la siembra. Los datos representan el promedio \pm DE de cada tratamiento. Las letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Sin embargo, un análisis estadístico comparativo al sexto día de evaluación no mostró diferencias significativas entre los tratamientos que incluyeron bismuto, indicando que la disminución gradual en la germinación observada fue principalmente atribuible al detergente y no al bismuto a la concentración evaluada.

La inclusión de un detergente en polvo con una composición distinta permitió evaluar el impacto de diferentes formulaciones de detergentes sobre la germinación.

Los resultados obtenidos con este detergente mostraron una tendencia similar a la observada con el detergente líquido, es decir, una disminución gradual en la germinación a medida que aumentaba la concentración, sin embargo, el efecto inhibitorio del detergente en polvo fue menos marcado, con un porcentaje de germinación acumulado del orden del 30%, a la concentración máxima evaluada (1.25 g/L).

En contraste con los resultados obtenidos con el detergente líquido, la combinación de detergente en

polvo y bismuto produjo un efecto sinérgico sobre la germinación, es decir, el efecto inhibitorio del detergente se vio potenciado por la presencia de bismuto. Un análisis estadístico detallado (figura 3B) reveló que las diferencias en el porcentaje de germinación fueron significativas, en particular al comparar las concentraciones más bajas y más altas de los tratamientos combinados.

Efecto de detergente líquido lavatrastes y bismuto sobre el crecimiento de la plántula

Se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de detergente líquido lavatrastes en presencia y ausencia de bismuto sobre tres variables del crecimiento inicial de plántulas de *M. scabra*. El anexo A muestra que el tratamiento con detergente provocó una disminución significativa en la longitud de tallo (panel A), longitud de raíz (panel B) y peso total de la plántula (panel C) a los 6 días de la siembra. Esta reducción fue proporcional en función de la concentración del detergente. Sin embargo, la adición de bismuto a los tratamientos no modificó significativamente estos efectos.

Los resultados observados indican que el detergente ejerce una toxicidad directa sobre las plántulas de *M. scabra* en las primeras etapas de desarrollo, afectando tanto el crecimiento vegetativo como el peso de la plántula. La disminución en el crecimiento podría deberse a la alteración de procesos fisiológicos esenciales que podrían relacionarse con la absorción de nutrientes. La ausencia de un efecto significativo del bismuto sugiere que la toxicidad del detergente es el factor predominante y apoya el papel del bismuto como metal verde, en este sistema.

Los hallazgos antes mencionados coinciden con estudios previos que reportan efectos inhibitorios de detergentes sobre la germinación y crecimiento de diversas especies vegetales [9]. En consecuencia, los resultados resaltan la importancia de considerar los efectos de los contaminantes domésticos en ecosistemas agrícolas.

Efecto de detergente para ropa en polvo y bismuto sobre el crecimiento de la plántula

Para evaluar el impacto de una segunda presentación de detergente de importancia comercial, se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de detergente en polvo sobre el crecimiento inicial de plántulas de *M. scabra*. El anexo B muestra que el tratamiento con detergente en polvo provocó una disminución significativa en la longitud de tallo, raíz y peso de la plántula únicamente a las concentraciones más altas. Al igual que con el detergente líquido, la adición de bismuto no modificó significativamente estos efectos.

Por tanto, los resultados confirman que el detergente líquido así como en la presentación en polvo ejercen un efecto tóxico sobre las plántulas de *M. scabra*,

afectando negativamente su crecimiento inicial. Sin embargo, es importante destacar que la magnitud de este efecto puede variar entre los diferentes tipos de detergente y sus concentraciones.

Aunque ambos detergentes mostraron efectos inhibitorios, el detergente líquido presentó un efecto más pronunciado en las condiciones experimentales evaluadas, aunque no se estableció equivalencia entre ambos detergentes.

Los presentes resultados son consistentes con estudios previos que reportan los efectos negativos de los detergentes sobre la germinación y el crecimiento inicial de diversas plantas [9]. Estos resultados subrayan la importancia de considerar los efectos combinados de diferentes contaminantes, como detergentes y metales en ecosistemas agrícolas.

DISCUSIÓN

El bismuto es un metal menor que ha sido propuesto como una alternativa más segura y de baja toxicidad, comparado a otros metales pesados como plomo; sin embargo, estudios recientes han revelado efectos adversos significativos en procesos esenciales para la germinación y desarrollo inicial de las plantas, como la fotosíntesis y la absorción de nutrientes [10, 11].

La concentración de Bi empleada fue de 20 mg/L, comparables a las aplicadas en estudios en tomate (*Solanum lycopersicum*) [12] y *Arabidopsis thaliana* [13], donde mostraron efectos adversos severos durante la germinación y el crecimiento de la plántula; sin embargo en nuestro estudio solo se observaron disminuciones significativas durante la fase de germinación de la semilla de *M. scabra*. En contraste, *Lepidium sativum* mostró una mayor tolerancia al Bi, evidenciando efectos tóxicos solo a concentraciones diez veces superiores [14]. Dichos resultados, junto con otros estudios que han evaluado la sensibilidad de diversas especies a este metal, subrayan la variabilidad de diferentes especies en la respuesta al bismuto y la importancia de considerar factores como la especie, la etapa de desarrollo y las condiciones ambientales al evaluar los efectos toxicológicos de este metal.

La exposición de semillas de *M. scabra* a distintas concentraciones de detergente líquido y en polvo, ambos conteniendo agentes tensoactivos aniónicos comúnmente encontrados en aguas residuales, resultó en una disminución significativa en los índices de germinación y crecimiento de las plántulas. Los resultados presentados corroboran estudios previos sobre los efectos de estos compuestos en esta especie [8]. Los efectos adversos observados podrían atribuirse a múltiples mecanismos reportados en otras especies, incluyendo el daño a las membranas celulares, la inhibición de la fotosíntesis, la alteración de la absorción de nutrientes y la generación de especies reactivas de oxígeno [15].

Con respecto a la interacción de ambos contaminantes, estudios previos en *Populus alba* han demostrado una sinergia entre el detergente SDS (detergente aniónico) y el metal pesado zinc, incrementando la translocación del zinc a las hojas, sin embargo, nuestros resultados con *M. scabra* sugieren una respuesta diferencial. A pesar de observar una ligera disminución en la germinación ante la exposición conjunta a bismuto y detergente, no se evidenciaron efectos significativos sobre otras variables fisiológicas. Estos hallazgos indican que la sensibilidad a la combinación de contaminantes puede variar considerablemente entre especies, lo cual resalta la importancia de evaluar los efectos de forma individualizada para cada organismo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la especie *M. scabra* presenta tolerancia a la exposición individual y combinada de bismuto y subraya el papel de baja toxicidad de este metal. En contraste, esta especie es susceptible a la presencia de detergentes tanto líquido como en polvo en las condiciones evaluadas. A diferencia de lo reportado para otras especies, como con la especie *Populus alba*, donde se ha observado una sinergia entre un metal pesado y un detergente aniónico [7], nuestros hallazgos sugieren que la respuesta a contaminantes puede variar significativamente entre especies y depender de factores intrínsecos de cada organismo. Estos resultados subrayan la complejidad de las interacciones entre múltiples contaminantes y la necesidad de realizar estudios específicos para cada especie y matriz ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Raimi, M. O., Abiola, I., Alima, O., & Omini, D. E. (2021). *Exploring how human activities disturb the balance of biogeochemical cycles: Evidence from the carbon, nitrogen and hydrologic cycles. Nitrogen and Hydrologic Cycles. Research on World Agricultural Economy* 2(3): 23-44.
- [2] Naidu, R., Biswas, B., Willett, I. R., Cribb, J., Singh, B. K., Nathanail, C. P., ... & Aitken, R. J. (2021). *Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to humanity. Environment International*, 156, 106616.
- [3] Ungureanu, E. L., & Mustatea, G. (2022). *Toxicity of heavy metals. En Kumar V., Sharma A. and Cerda A. (Eds.) Heavy Metals in the Environment: Impact, Assessment, and Remediation (pp. 1-7). Elsevier Inc.*
- [4] Uzma, S., Khan, S., Murad, W., Taimur, N., & Azizullah, A. (2018). *Phytotoxic effects of two commonly used laundry detergents on germination, growth, and biochemical characteristics of maize (Zea mays L.) seedlings. Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-14.

[5] Heidari, H. (2013). Effect of irrigation with contaminated water by cloth detergent on seed germination traits and early growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 5(1), 86-89.

[6] Pierattini, E. C., Francini, A., Raffaelli, A., & Sebastiani, L. (2018). Surfactant and heavy metal interaction in poplar: a focus on SDS and Zn uptake. *Tree physiology*, 38(1), 109-118.

[7] Passatore, L., Pietrini, F., Carloni, S., Massimi, L., Giusto, C., Zacchini, M., & Iannilli, V. (2022). Morpho-physiological and molecular responses of *Lepidium sativum* L. seeds induced by bismuth exposure. *Science of the Total Environment*, 831, 154896.

[8] Alarcón, R. E. C., Núñez, G. G., Vicencio, O. J. E., & Hernández, A. C. (2023). Efecto fitotóxico de productos de limpieza comerciales sobre la germinación y crecimiento inicial de *Melotria scabra* (sandía de ratón). *Revista IPSUMTEC*, 6(2), 17-23.

[9] Bello P. J., Grosskelwing N. G., Cuevas A. R. E., Mejía M. L. y Cabrera H. A. (2022) Efecto de metales pesados sobre la germinación de las semillas de Chumpipe (*Gonolobus niger*). *Revista Ingeniantes*, 2(1): 36-42.

[10] Omouri, Z., Hawari, J., Fournier, M., & Robidoux, P. (2019). Phytotoxicity of bismuth nitrate and bismuth citrate on germination and growth of *Lolium perenne* exposed on filter paper and on artificially contaminated soil. *Journal of Soil Science & Plant Health*, 3(1).

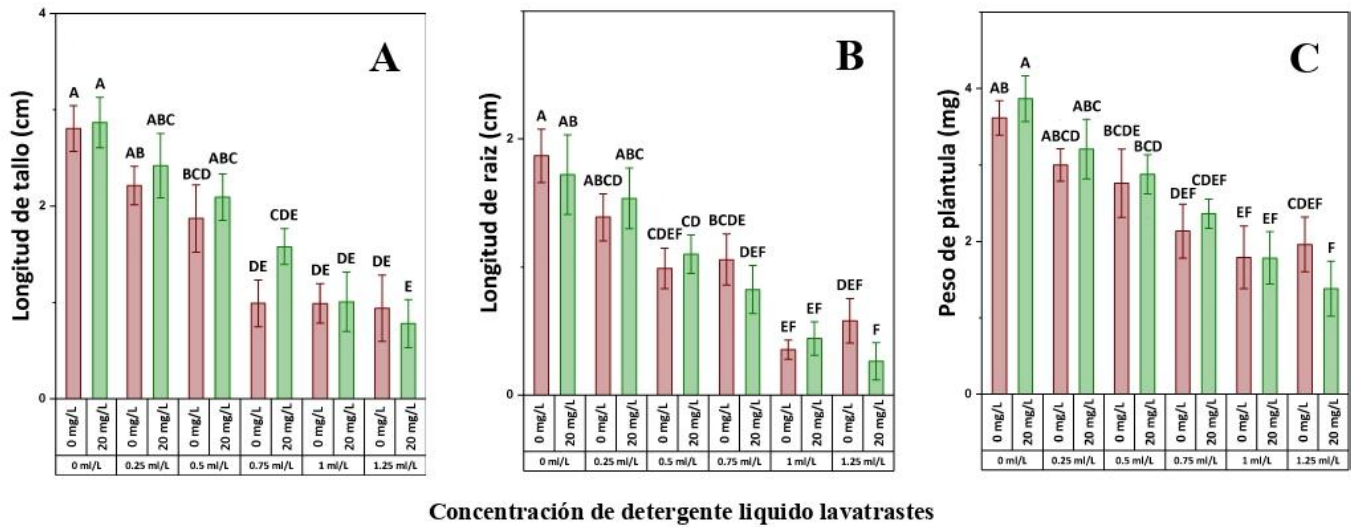
[11] Zacchini, M. (2024). Bismuth interaction with plants: uptake and transport, toxic effects, tolerance mechanisms-a review. *Chemosphere*, 142414.

[12] Nagata, T., & Kimoto, S. (2020). Growth inhibition and root damage of bismuth in *Solanum lycopersicum*. *SCIREA J. Biol*, 54, 72-86.

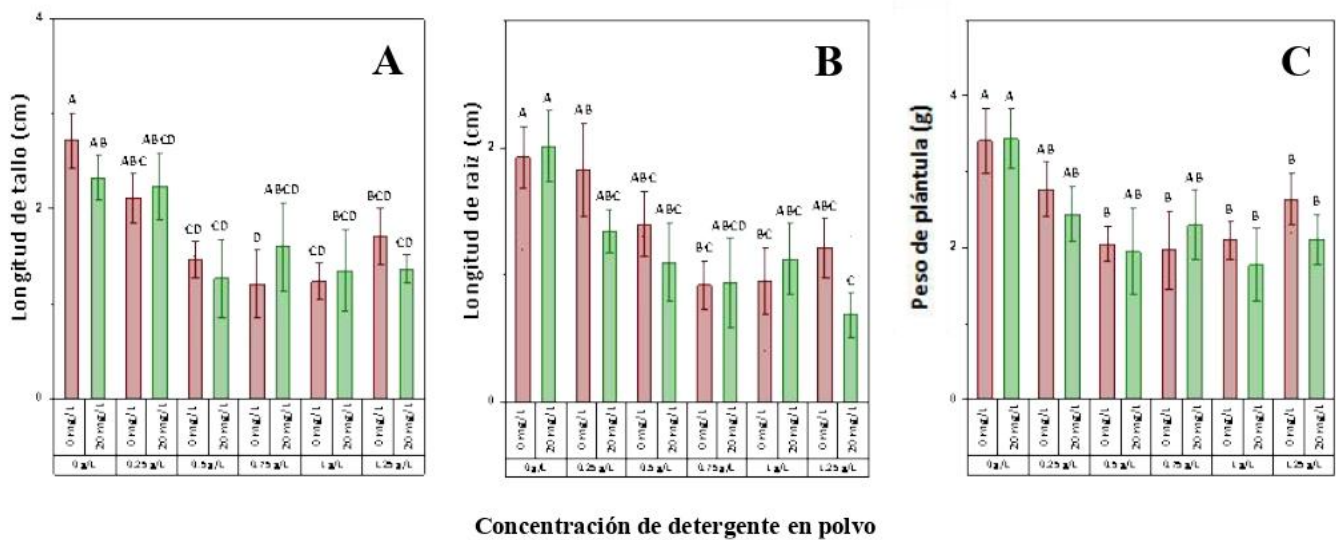
[13] Nagata, T. (2015). Growth inhibition and IRT1 induction of *Arabidopsis thaliana* in response to bismuth. *Journal of plant biology*, 58, 311-317.

[14] Passatore, L., Pietrini, F., Carloni, S., Massimi, L., Giusto, C., Zacchini, M., & Iannilli, V. (2022). Morpho-physiological and molecular responses of *Lepidium sativum* L. seeds induced by bismuth exposure. *Science of the Total Environment*, 831, 154896.

[15] 19.Uzma, S., Khan, S., Murad, W., Taimur, N., & Azizullah, A. (2018). Phytotoxic effects of two commonly used laundry detergents on germination, growth, and biochemical characteristics of maize (*Zea mays* L.) seedlings. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-14.



Anexo A. Efecto de tratamientos con detergente líquido a diferentes concentraciones en ausencia y presencia de 20 mg/L de bismuto sobre el crecimiento de plántulas de *Melotria scabra* a los 6 días de la siembra. Se evaluaron la longitud de tallo (A), longitud de raíz (B) y el peso total de la plántula (C). Los datos representan el promedio \pm DE de cada tratamiento. Las letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).



Anexo B. Efecto de tratamientos con detergente en polvo a diferentes concentraciones en ausencia y presencia de 20 mg/L de bismuto sobre el crecimiento de plántulas de *Melotria scabra* a los 6 días de la siembra. Se evaluaron la longitud de tallo (A), longitud de raíz (B) y el peso total de la plántula (C). Los datos representan el promedio \pm DE de cada tratamiento. Las letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).