TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"TOXICIDAD DEL GLIFOSATO SOBRE *Pisum sativum* L. Y SU EFECTO EN LOS SUELOS FRANCOS ARENOSOS APLICANDO UN CONSORCIO BACTERIANO"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Kevin Cruz Inca (0000-0002-6482-1663)

Lourdes Suna Alagon (0000-0002-5298-1141)

Asesor:

Jose Alberto Iannacone Oliver (0000-0003-3699-4732)

Lima – Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 13 de junio del 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Jennifer Villavicencio Huamani
Miembro: Mg. Wendy Elizabeth Pérez Porras
Miembro: Dra. Thais Huarancca Reyes

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"TOXICIDAD DEL GLIFOSATO SOBRE *Pisum sativum* L. Y SU EFECTO EN LOS SUELOS FRANCOS ARENOSOS APLICANDO UN CONSORCIO BACTERIANO"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Kevin Cruz Inca**
- **Lourdes Suna Alagón**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dr. José Alberto Iannacone Oliver

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( ) por mayoría simple (X) calificar a:

Tesista: Kevin Cruz Inca & Lourdes Suna Alagón			Nota (en letras): 15 (quince)
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado – Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mg. Jennifer Villavicencio Huamani
Presidente



Mg. Wendy Elizabeth Pérez Porras
Miembro 1



Dra. Thais Huarancca Reyes
Miembro 2



Dr. José Alberto Iannacone Oliver
Asesor

T // (511) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN[1]

Lima, **23 de junio del 2024**

Señor,
Dr. Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo: **Lourdes Suna Alagon y Kevin Cruz Inca**, egresados bachilleres de la carrera de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor **José Alberto Iannacone Oliver**, declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: **"TOXICIDAD DEL GLIFOSATO SOBRE *Pisum sativum* L. Y SU EFECTO EN LOS SUELOS FRANCOS ARENOSOS APLICANDO UN CONSORCIO BACTERIANO",** sustentado para obtener el título/grado de **Ingeniero Ambiental** es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista 1
DNI: 73484551



Firma del asesor de tesis
DNI: 09413998



Firma tesista 2
DNI: 75432282

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Toxicidad del glifosato sobre Pisum sativum L. y su efecto en los suelos francos arenosos aplicando un consorcio bacteriano

Autores. Kevin Cruz Inca; Lourdes Suna Alagon

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2425354991).

Resultado de la evaluación. 5%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Toxicidad del glifosato

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	4%	4%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	María Laura Foschi. "Mejora de la germinación para la propagación sexual de la alcaparra (Capparis spinosa L.)", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	1%
2	Submitted to University of Southern California Trabajo del estudiante	<1%
3	archive.org Fuente de Internet	<1%
4	www.ictp.trieste.it Fuente de Internet	<1%
5	doi.editoracubo.com.br Fuente de Internet	<1%
6	ethnobotanyjournal.org Fuente de Internet	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Artículo científico

Toxicidad del glifosato sobre *Pisum sativum* y en suelo franco-arenoso aplicando un consorcio bacteriano[1]

Toxicity of glyphosate in *Pisum sativum* and on sandy-loam soil applying a bacterial consortium

Summarized Title: Glifosato sobre *Pisum* en suelo con consorcio bacteriano

Kevin Cruz-Inca[2], Lourdes Suna-Alagon[2], José Iannacone[3]

[1] Este trabajo fue financiado por el concurso de fondos para proyectos de tesis (Resolución Directoral Académica de carrera N°097-2022-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA) de la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.
[2] Facultad de Ciencias ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. kevin.cruz.inca@gmail.com (https://orcid.org/0000-0002-6482-1663); lourdessuna@gmail.com (https://orcid.org/0000-0002-5298-1141)
[3] Grupo de Investigación de Sostenibilidad Ambiental – GISA, Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. joseiannacone@gmail.com ((autor para la correspondencia; https://orcid.org/0000-0003-3699-4732).

Resumen

Introducción. El glifosato (GLI), es un herbicida común que puede en exceso afectar tanto a las malezas como a los cultivos agrícolas. **Objetivo.** Evaluar la toxicidad del GLI sobre *Pisum sativum* "arveja" en suelo franco-arenoso aplicando las bacterias *Ochrobactrum anthropi* y *Pseudomonas aeruginosa* en forma individual y en consorcio bacteriano. **Materiales y métodos.** Para el estudio, se establecieron 96 macetas en un invernadero. El suelo contenido en estas macetas fue previamente mezclado con GLI, el cual fue sometido a análisis edafológico. 48 macetas contenían únicamente suelo con grupos bacterianos, y las otras 48 macetas presentaban tanto grupos bacterianos como *P. sativum*. **Resultados.** Se observó que *P. sativum* expuesto a 17,42 mL L^{-1} de GLI redujo significativamente su crecimiento con respecto al control. Sin embargo, este efecto negativo fue eliminado con la aplicación del consorcio bacteriano, resultando tener una mejoría en el desarrollo de las plantas. Se analizó que el GLI afectó negativamente el peso fresco de la raíz (PFR) y peso fresco del tallo (PFT), especialmente a concentraciones de 8,71 mL L^{-1} y 17,42 mL L^{-1}. Los resultados proponen que la presencia de las bacterias en suelo con GLI afectaron el pH y la conductividad eléctrica del suelo, mientras la materia orgánica no fue afectada. El potasio disponible en el suelo aumentó con la aplicación de GLI, pero la presencia de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

bacterias redujo este efecto. El fósforo disponible en el suelo aumentó con *P. sativum* en suelos con GLI al 17,42 mL L^{-1}. **Conclusiones.** El GLI a concentraciones de 8,71 mL L^{-1} y 17,42 mL L^{-1} afecta el crecimiento del tallo y de la raíz del *P. sativum*, pero la inoculación bacteriana atenúa este efecto y modifica las propiedades del suelo. Esto subraya la relevancia de la interacción entre herbicida, microorganismos y suelo en la agricultura.

Palabras clave: Biomasa, *Ochrobactrum anthropi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pisum sativum*, parámetro fisicoquímico.

Abstract

Introduction. Glyphosate (GLI) is a common herbicide that can excessively affect both weeds and agricultural crops. *Objective*. To evaluate the toxicity of GLI on *Pisum sativum* “snow pea” in sandy loam soil by applying the bacteria *Ochrobactrum anthropi* and *Pseudomonas aeruginosa* individually and in a bacterial consortium. **Materials and methods**. For the study, 96 pots were set up in a greenhouse. The soil contained in these pots was previously mixed with GLI, which was subjected to pedological analysis. 48 pots contained only soil with bacterial groups, and the other 48 pots contained both bacterial groups and *P. sativum*. **Results**. It was observed that *P. sativum* exposed to 17.42 mL L^{-1} of GLI significantly reduced its growth compared to the control. However, this negative effect was eliminated with the application of the bacterial consortium, resulting in an improvement in plant growth. It was observed that GLI negatively affected the fresh weight of the root (FWR) and the fresh weight of stem (FWS), especially at concentrations of 8.71 mL L^{-1} and 17.42 mL L^{-1}. The results propose that the presence of bacteria in soil with GLI affected the pH and electrical conductivity of the soil, while organic matter was not affected. Available potassium in the soil increased with GLI application, but the presence of bacteria reduced this effect. Soil available phosphorus increased with *P. sativum* in soils with GLI at 17.42 mL L^{-1}. **Conclusions**. The GLI at concentrations of 8.71 mL L^{-1} and 17.42 mL L^{-1} affects the growth of the stem and root of *P. sativum*, but bacterial inoculation attenuates this effect and modifies the properties of the soil. This underlines the relevance of the interaction between herbicide, microorganisms and soil in agriculture.

Keywords: biomass, *Ochrobactrum anthropi, Pseudomonas aeruginosa*, *Pisum sativum*, pedological parameter.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Introducción

El suelo es un recurso no renovable que proporciona una amplia variedad de servicios ecosistémicos y es el soporte natural más crucial para la producción de materia prima y alimentos, de los que depende la comunidad global (Burbano, 2016). El suelo franco-arenoso ha sido objeto de estudio por sus características distintivas (Infante et al., 2010). En el Perú, este tipo de suelo se encuentra principalmente en campos costeros, caracterizándose por un pH alcalino, niveles moderados de fosforo y una alta disponibilidad de potasio (Alache-Lizarbe et al., 2020), así como una escasa presencia de materia orgánica y conductividad eléctrica (Rojas et al., 2020). No obstante, para garantizar la productividad agrícola y rentabilidad de los suelos a nivel mundial, se ha recurrido ampliamente a la aplicación de diversos plaguicidas, entre ellos el grupo de organofosforados (Badii et al., 2015).

El glifosato (GLI), es un herbicida post emergente perteneciente al grupo de organofosforado de amplio espectro, y es utilizado para el control de malezas (Ledoux et al., 2020; Arispe-Vázquez et al., 2023). El GLI es usado como ingrediente activo en diversas formulaciones comerciales. Estas varían en la forma química, concentración de ingrediente activo y las concentraciones de ingredientes inertes (Cuhra et al., 2013).

El herbicida GLI es uno de los herbicidas más utilizados a nivel mundial, y en el Perú es comercializado con más de 30 marcas diferentes (Pedemonte Castro, 2017). El GLI tiene la capacidad de adherirse fuertemente al suelo en función de sus propiedades fisicoquímicas. En suelos poco porosos, su movilidad es limitada, lo que reduce su probabilidad de alcanzar el agua subterránea; en suelos porosos, como los francos-arenosos, su movilidad se ve restringida, especialmente más allá de los 15 cm de profundidad (Villareal, 2018).

La aplicación del GLI ha sido vinculada con variaciones significativas en la actividad, cantidad y composición de la comunidad microbiana del suelo (Romano-Armada et al., 2019). Estos cambios del GLI están estrechamente vinculados con la calidad fisicoquímica del suelo (Pronk et al., 2017).

El GLI presenta una vida media relativamente baja asociada a la capacidad de biodegradación de los microorganismos, y a su vez es dependiente de las concentraciones de nutrientes, tipo de suelo, concentraciones de pH, materia orgánica (González-Ortega & Fuentes-Ponce, 2022), la conductividad eléctrica, el fósforo y potasio (Tofiño et al., 2020). Los microorganismos del suelo como las bacterias tienen la capacidad de catabolizar el GLI, utilizándolo como fuente de carbono, nitrógeno y fósforo (Cuervo, 2007).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Se han aislado bacterias promotoras del crecimiento de plantas resistentes al GLI, como *Ochrobactrum anthropi* (Sviridov et al., 2012), y *Pseudomonas aeruginosa*, (Ezaka et al., 2019). Otros autores, han recolectado suelos con GLI y observaron que *O. anthropi* presentó capacidad para metabolizar GLI en pocos días (Hadi et al., 2013). Se han documentaron 28 especies bacterianas con capacidad de degradación de GLI, de las cuales se encuentra el consorcio formado por: *O. anthropi* y *P. aeruginosa*, con una capacidad de degradación intermedia (Castrejón-Godínez et al., 2021).

Pisum sativum "arveja" es una de las especies de leguminosas más sensibles a contaminantes químicos, y es muy utilizada como planta bioindicadora (Singh et al., 2019). Esta especie es ideal como modelo biológico para evaluar los efectos negativos del GLI (Singh et al., 2020), al generar cambios en su crecimiento, y de igual forma su bajo costo es adecuada para la investigación (Cantaro-Segura, 2019).

El objetivo de este estudio de investigación fue evaluar a toxicidad del GLI sobre *P. sativum* en suelo franco-arenoso aplicando las bacterias *O. anthropi* y *P. aeruginosa*, y además determinar el efecto del GLI y del consorcio bacteriano en los parámetros edafológicos del suelo franco-arenoso.

Materiales y métodos

Sitio Experimental

Se realizó en el invernadero de la Universidad Científica del sur - Villa el Salvador, Lima, Perú (12° 13 '12''LS y 76° 58' 41''LO) a 5 msnm. Las condiciones ambientales en el invernadero presentaron una temperatura media de 20°C y una humedad relativa del 70%.

Muestras de suelos franco - arenoso

Las muestras procedieron del pueblo rural de Quebrada Verde, ubicado en el distrito de Pachacamac, en Lima, Perú (12° 35 '14''S; 75° 47' 39''O). Estas muestras fueron recolectadas por composición de 48 puntos a una profundidad de 30 cm en forma cuadricular, donde a través de un muestreo simple se extrajeron 3 Kg de suelo en cada punto, se homogenizaron y se obtuvieron 144 Kg de suelo (MINAM, 2014). Después de ser almacenadas y rotuladas, se llevaron al invernadero para proceder con el experimento y realizar el proceso de mezcla con el herbicida GLI. Se colocaron 1,5 Kg de suelo franco arenoso en macetas de 2 L, las cuales presentaron una perforación en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

la base para permitir el drenaje del agua. Se evaluaron 96 macetas de las cuales ocho fueron del control y 24 de los tratamientos, y cada uno de estos contaron con tres repeticiones (Cuadro 1).

Consorcio Bacteriano

La bacteria *O. anthropi* (ATCC) BAA-749 fue adquirida como cepa referenciada de la organización American Type Culture Collection, con sede en Virginia, EE.UU., mientras que *P. aeruginosa* (ATCC) 17853 fue obtenida del Laboratorio de Investigación de Microbiología Molecular de la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

Incorporación del GLI al suelo

Se agregó GLI a las macetas de suelo según lo indicado en el Cuadro 1, siguiendo las recomendaciones del producto comercial Roundup® a 480g L^{-1}, diluyendo 1-2 L de GLI en 100 L de agua destilada (Barros & Gamez, 2008). Las macetas permanecieron con GLI por tres meses, para asegurar su adherencia a los coloides del suelo (Permingeat, 2008).

Diseño experimental

Se llevó a cabo un diseño completamente aleatorio (DCA) que comprendió ocho tratamientos distribuidos en un total de 96 macetas. Cada tratamiento consistió en un control sin GLI 0% (0 mL L^{-1}) y tres niveles de concentración de GLI: 2% (4,36 mL L^{-1}), 4% (8,71 mL L^{-1}) y 8% (17,42 mL L^{-1}). Cada nivel de concentración tenía tres repeticiones. Los primeros cuatro tratamientos (T1 al T4) incluyeron suelo inoculado con grupos bacterianos de *P. aeruginosa*, *O. anthropi,* y en consorcio bacteriano, totalizando 48 macetas. Los siguientes cuatro tratamientos (T5 al T8) consistieron en suelo con los mismos grupos bacterianos más *P. sativum*, con un total de 48 macetas.

Cuadro 1. Nomenclaturas de los tratamientos utilizados en suelos francos arenosos. Lima, Perú. (Tx.0-Tx.3: equivale al tratamiento del GLI aplicado en mL L^{-1} y T1.x-T8.x: equivale al suelo con los diferentes tratamientos de *Pisum sativum* y los grupos bacterianos)
Table 1. Nomenclatures of treatments used in sandy loam soils, Lima, Peru. (Tx.0-Tx.3: referred to GLI treatment applied in mL L^{-1} and T1.x-T8.x: referred to treated or without *Pisum sativum* and bacterial groups)

Tratamientos	Sin Glifosato	Con Glifosato		
	Control	4,36 mL L^{-1}	8,71 mL L^{-1}	17,42 mL L^{-1}

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Suelo	T1.0	T1.1	T1.2	T1.3
Suelo + P. aeruginosa	T2.0	T2.1	T2.2	T2.3
Suelo + O. anthropi	T3.0	T3.1	T3.2	T3.3
Suelo + P. aeruginosa + O. anthropi	T4.0	T4.1	T4.2	T4.3
Suelo + P. sativum	T5.0	T5.1	T5.2	T5.3
Suelo + P. sativum +. + P. aeruginosa	T6.0	T6.1	T6.2	T6.3
Suelo + P. sativum +. + O. anthropi	T7.0	T7.1	T7.2	T7.3
Suelo + P. sativum +. + P. aeruginosa + O. anthropi	T8.0	T8.1	T8.2	T8.3

Preparación del inóculo bacteriano

Las cepas *O. anthropi* y *P. aeruginosa* fueron incubadas durante 24 h en placas Petri con agar nutritivo y se transfirieron a frascos Erlenmeyer preparados con caldo nutritivo para promover un mayor crecimiento poblacional a 36°C, con agitación continua durante 24 h. Se inoculó las bacterias de los matraces aforados de 6 L que contenían 4800 mL de suero fisiológico al 0,5%. Luego la concentración bacteriana en el matraz aforado se adecuó a la escala de 0,5 McFarland ($1,5 \times 10^8$ UFC mL^{-1}), obteniendo 4800 mL de solución bacteriana (Heck et al., 2015).

Inoculación de bacterias a macetas de suelo

Se extrajo 200 mL de los matraces aforados con la solución bacteriana para el riego de forma superficial en una única ocasión en cada maceta, incluyendo los controles (Kay, 1985). Después de una semana de la inoculación de las bacterias, se sembraron tres semillas de *P. sativum* por maceta. Durante la fase de crecimiento de la planta, todas las macetas fueron regadas con 200 mL en forma interdiaria.

Efecto del GLI

Los parámetros biométricos que se evaluaron en *P. sativum* fueron: la longitud de tallo (LT) que se midió de forma interdiaria entre 14 a 21 días después de la emergencia del 50% de las plántulas del grupo control (OECD, 2006), la longitud de la raíz (LR) se midió una sola vez en el día 21 después de extraer las plantas de las macetas y finalmente la biomasa de la planta se evaluó midiendo el peso fresco total (PFTo), incluyendo el peso fresco del tallo (PFT) y el peso fresco de la raíz (PFR). Este proceso se repitió para obtener el peso seco total de la planta (PSTo), el peso seco del tallo

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

(PST) y peso seco de la raíz (PSR), con los datos obtenidos se determinaron los datos de Concentración sin efectos observables (NOEC) y Concentración mínima con efectos observables (LOEC) (OECD, 2006).

Parámetros edafológicos, después del proceso de la aplicación de GLI

Los parámetros edafológicos evaluados fueron: materia orgánica por la conversión del método de Walkley – Black multiplicado por el factor 1,724 (Bautista & Arévalo, 2021), conductividad eléctrica (CE) por el extracto saturado (Millán & Larrieu, 2018), pH por el método en soluciones suelo-agua en relación 1:1 (Gutiérrez & Cáceres, 2018), potasio disponible (K^+) mediante el extracto acetato de amonio 1N (Henríquez et al., 2005) y fósforo (P) por el método de Olsen modificado (Carrero et al., 2015).

Análisis estadístico

Se implementó un diseño completamente aleatorio (DCA) para cada tratamiento, que incluía mediciones de LR y LT, biomasa de raíz y tallo, así como la secuencia NOEC - LOEC y parámetros edafológicos del suelo. Los datos se procesaron por Shapiro-Wilk y se observó que no se cumplió con la normalidad. Por ende, se aplicó la prueba no paramétrica correspondiente a Kruskal Wallis, apoyado con la prueba de Games-Howell para la comparación de medias ($p<0,05$). Se utilizó el software IBM SPSS Statistic 24.

Resultados

Análisis de suelos bajo tratamiento

Materia orgánica

En relación con la materia orgánica en las macetas de suelo con microorganismos y GLI en concentraciones de 0% (0 mL L^{-1}), 2% (4,36 mL L^{-1}), 4% (8,71 mL L^{-1}) y 8% (17,42 mL L^{-1}), no se detectaron discrepancias significativas en ninguno de los tratamientos evaluados (Figura 1A).

Sin embargo, en las macetas que contenían suelo, microorganismos y *P. sativum*, se destacó el tratamiento T5 (Suelo + *P. sativum* + sin bacterias) como el único que mostró una diferencia significativa (Figura 1B). Esto ocurrió con una concentración de GLI al 8% (17,42 mL L^{-1}), en contraste con el control de GLI al 0% (0 mL L^{-1}) (Figura 1B).

A

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

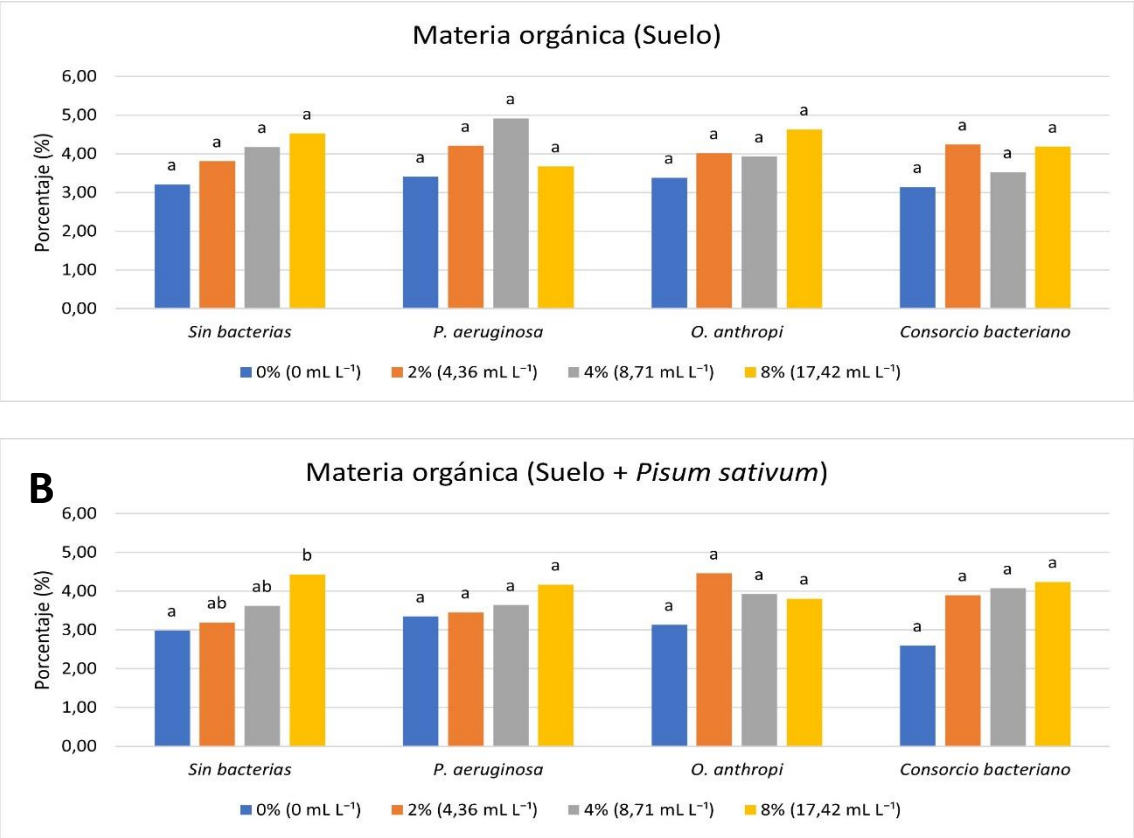


Figura 1. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones en presencia microbiana sobre la materia orgánica en (A) Suelo y (B) Suelo + *Pisum sativum*. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en p<0,05. Se muestra el promedio de n=3 réplicas.
Figure 1. Effect of glyphosate at different concentrations in the presence of bacteria on the organic matter in (A) Soil and (B) Soil + *Pisum sativum*. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at p<0.05. The average of n=3 replicates is shown.

Conductividad eléctrica (CE)

En las macetas con suelo y microorganismos, se evidenció un impacto del GLI a distintas concentraciones en la CE (Figura 2A). En el T2 (Suelo + *P. aeruginosa*), y en el T3 (Suelo + *O. anthropi*) las tres concentraciones de GLI de 2%, 4%, y 8%, mostraron diferencias en comparación con el control GLI al 0% (Figura 2A). No se detectaron diferencias significativas en la CE en los tratamientos T1 y T4 (Figura 2A).

En las macetas de suelo que albergaban microorganismos y *P. sativum,* el tratamiento T5 (Suelo + *P. sativum* L. + sin bacterias) se destacó como el único con una diferencia significativa en presencia de GLI al 2% (Figura 2B).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

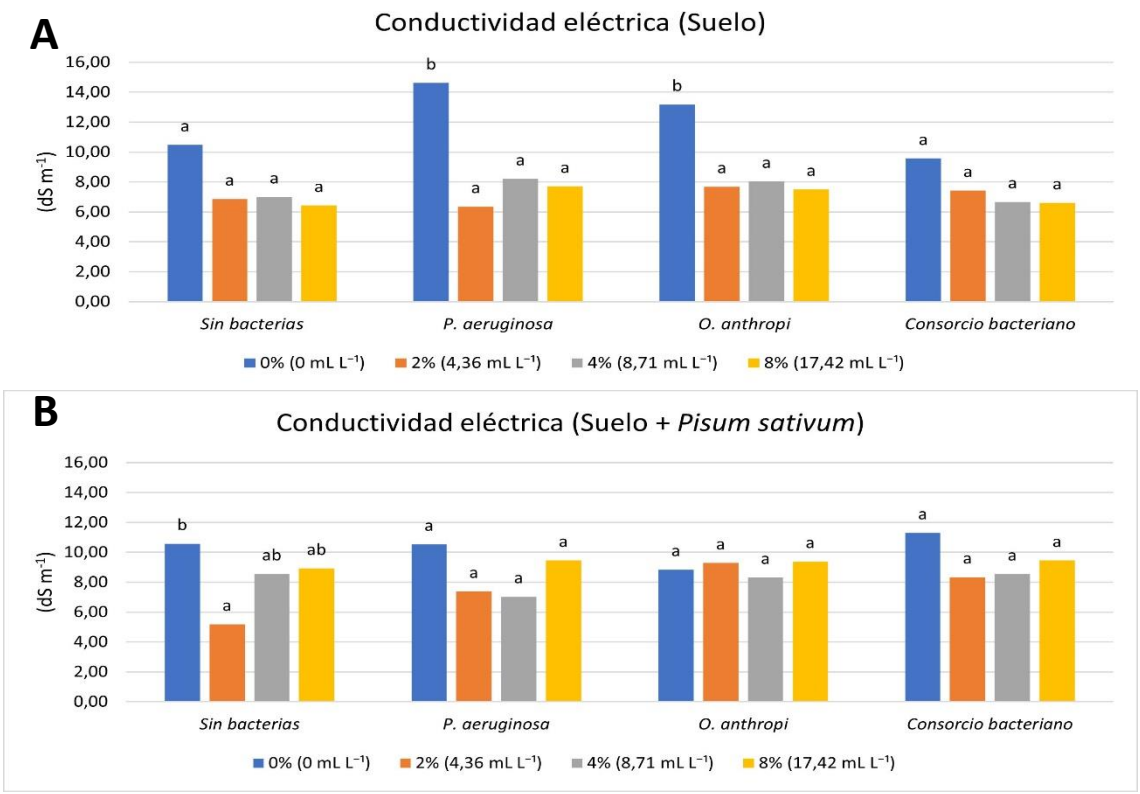


Figura 2. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones en presencia microbiana sobre la conductividad eléctrica en (A) Suelo y (B) Suelo + *Pisum sativum*. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en $p<0.05$. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 2. Effect of glyphosate at different concentrations in the presence of bacteria on the electrical conductivity in (A) Soil and (B) Soil + *Pisum sativum*. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at $p<0.05$. The average of n=3 replicates is shown.

pH

La distribución del pH en las macetas de suelo con microorganismos y GLI mostró variaciones notables en los diferentes tratamientos (Figura 3A). En el tratamiento T1 (suelo sin bacterias), T2 (suelo + *P. aeruginosa*), T3 (suelo + *O. anthropi*) y T4 (suelo + consorcio bacteriano), se observó una disminución del pH conforme aumentaba la concentración de GLI en comparación con el control (Figura 3A).

En las macetas de suelo con microorganismos, *P. sativum* y GLI en diferentes concentraciones, se observaron diferencias significativas en los tratamientos respectivos (Figura 3B). En el tratamiento T5 (suelo sin bacterias + *P. sativum*), T6 (suelo + *P. aeruginosa* + *P. sativum* L.) y T7 (suelo + *O. anthropi* + *P. sativum*) se evidenciaron diferencias entre las tres concentraciones en comparación con el control (Figura 3B). Finalmente, en el tratamiento T8 (suelo + consorcio bacteriano + *P. sativum*), se identificaron diferencias significativas entre los suelos contaminados y el control, en donde el pH fue menor en los suelos con GLI en comparación con el control (Figura 3B).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

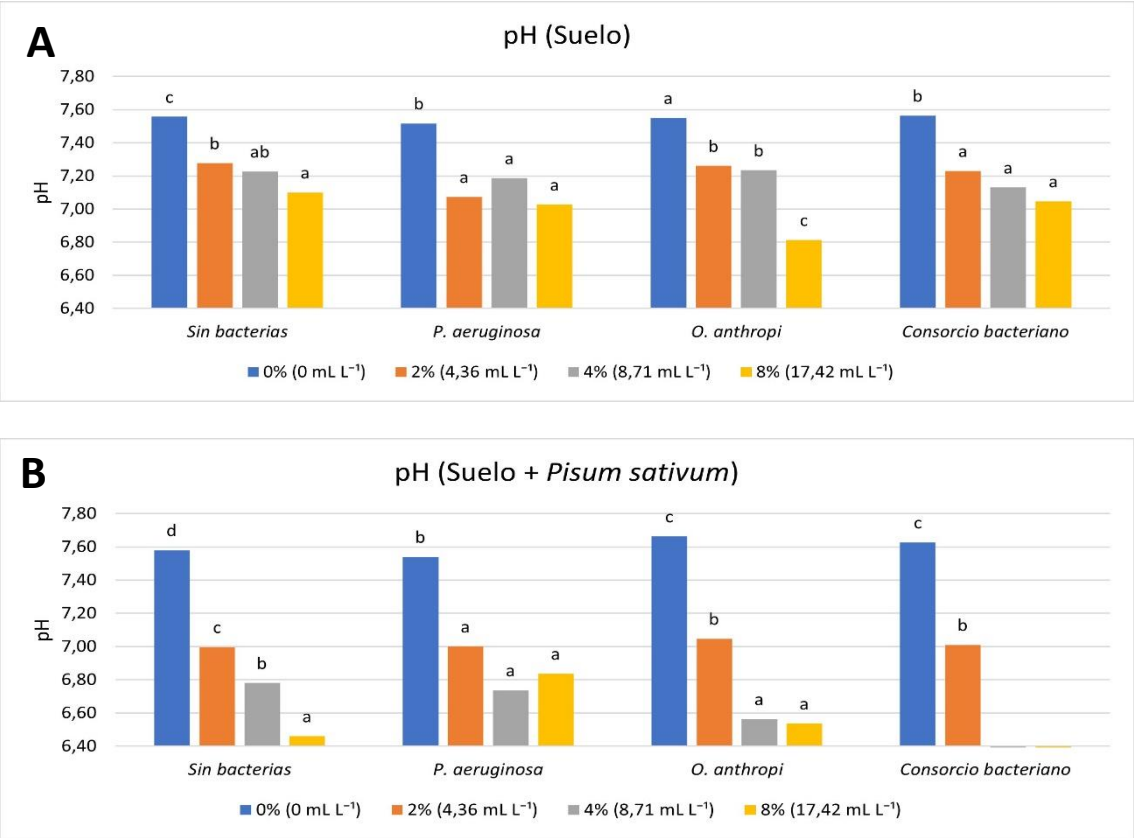


Figura 3. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones en presencia microbiana sobre el pH en (A) Suelo y (B) Suelo + *Pisum sativum*. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en $p<0.05$. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 3. Effect of glyphosate at different concentrations in the presence of bacteria on the pH in (A) Soil and (B) Soil + *Pisum sativum*. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at $p<0.05$. The average of n=3 replicates is shown.

Fósforo (P)

La distribución de P en las macetas de suelo, el tratamiento T1 (suelo sin bacterias), la concentración de GLI al 0% mostró un valor de P que evidencia una diferencia significativa con las concentraciones de GLI al 2% y 8% (Figura 4A). Así mismo, en el tratamiento T4 (Suelo + consorcio bacteriano), la concentración de GLI al 0% mostró un valor de P, la cual no evidencia una diferencia significativa con las concentraciones de GLI al 4% y 8% (Figura 4A). Los tratamientos T2 (suelo + *P. aeruginosa*) y T3 (Suelo + *O. anthropi*), no se evidenciaron diferencias significativas para el P (Figura 4A).

En las macetas de suelo con microorganismos y *P. sativum* expuestas a diferentes concentraciones de GLI, se observó un patrón consistente en todos los grupos bacterianos, incluido el tratamiento T1 (suelo sin bacterias) (Figura 4B). Todas las concentraciones de GLI al 0% y 2% mostraron niveles bajos de P, marcando una diferencia significativa con las concentraciones de GLI al 4% y 8%, con respecto al control 0% (Figura 4B).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

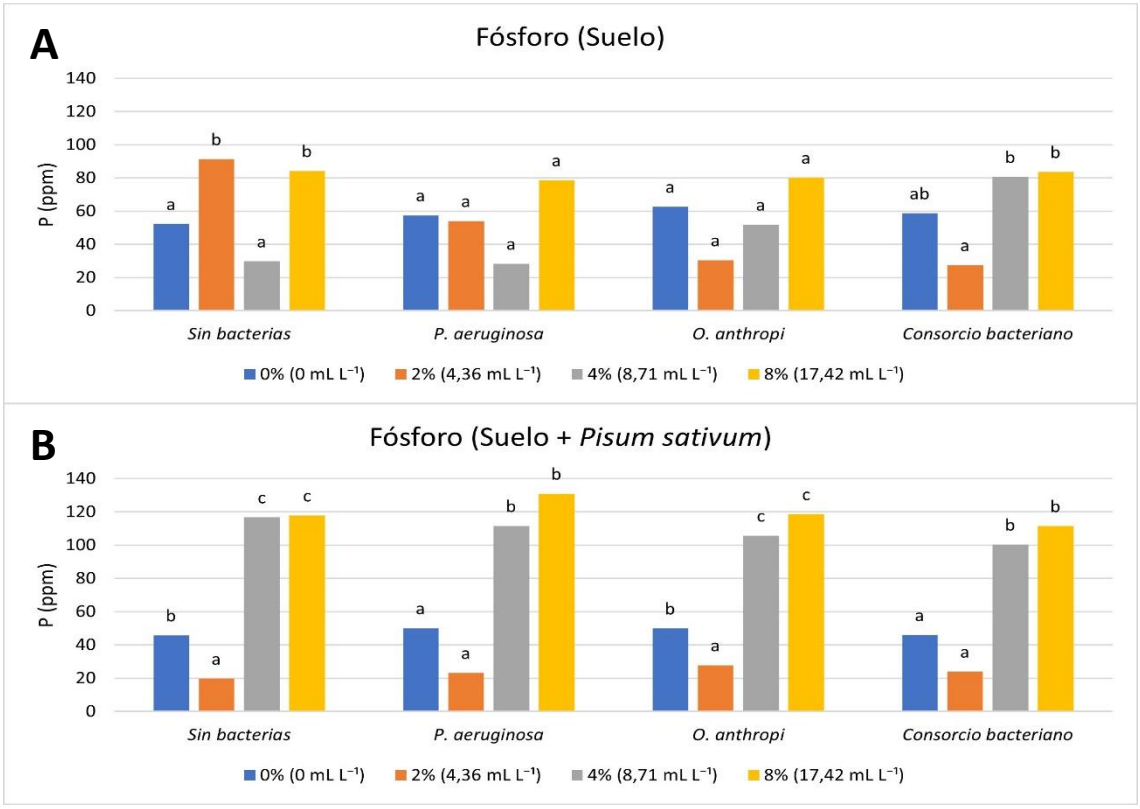
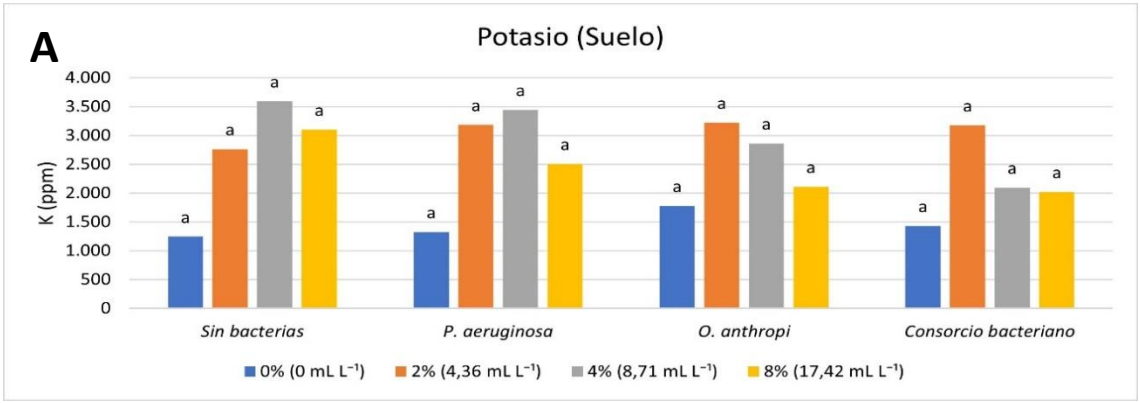


Figura 4. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones en presencia microbiana sobre el fósforo en (A) Suelo y (B) Suelo + *Pisum sativum*. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en $p<0.05$. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 4. Effect of glyphosate at different concentrations in microbial presence on phosphorus in (A) Soil and (B) Soil + *Pisum sativum*. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at $p<0.05$. The average of n=3 replicates is shown.

Potasio (K)

En las macetas de suelo, todos los tratamientos (T1 a T4) a diferentes concentraciones de GLI no evidenciaron un efecto significativo sobre el K (Figura 5A).

En el tratamiento T6 (suelo + *P. aeruginosa*), la concentración de GLI al 0% mostró una diferencia significativa con las concentraciones de GLI al 2% y 4% (Figura 5B). Para el tratamiento T8 (suelo + consorcio bacteriano) la concentración de GLI al 0% exhibió una diferencia significativa únicamente con la concentración de GLI al 2% (Figura 5B).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

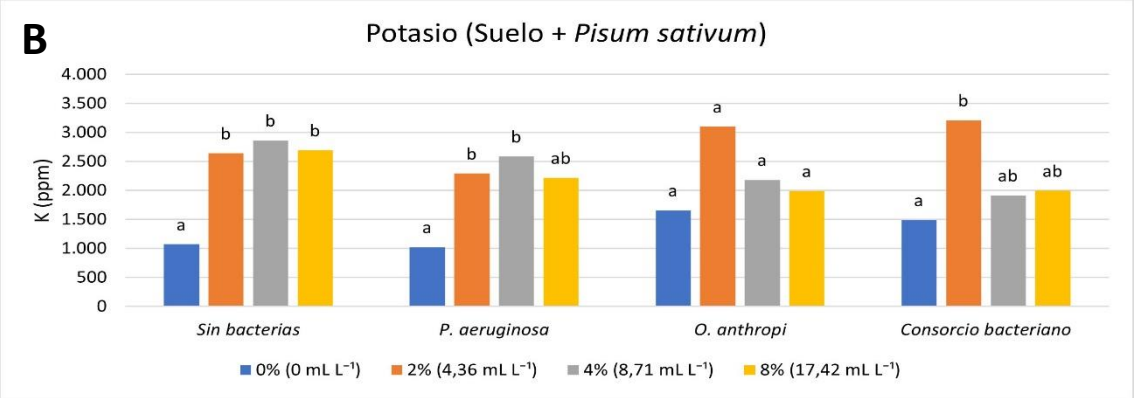


Figura 5. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones en presencia microbiana sobre el potasio en (A) Suelo y (B) Suelo + *Pisum sativum*. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en p<0.05. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 5. Effect of glyphosate at different concentrations in microbial presence on potassium in (A) Soil and (B) Soil + *Pisum sativum*. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at p<0.05. The average of n=3 replicates is shown.

Efectos del glifosato sobre *P. sativum* en diferentes grupos bacterianos

En las macetas de suelo con microorganismos y *P. sativum* expuestas a diferentes concentraciones de GLI, se observó que la LR sufrió un patrón consistente en todos los tratamientos, incluido el tratamiento T5 (suelo sin bacterias) (Figura 6). La LR fue alta a condiciones de GLI al 0% (Figura 6). En contraste, las concentraciones de GLI al 4% y 8% produjeron una reducción en la LR (Figura 6). Para la concentración de GLI al 2%, se encontró una discrepancia significativa en la LR en todos los tratamientos, excepto en el tratamiento T8 (suelo + consorcio bacteriano), en comparación con el grupo control (Figura 6).

En los datos relativos a la LT medidos en el día 14, para el tratamiento T5 (suelo sin bacterias) las concentraciones de GLI al 0% y 2% mostraron una diferencia significativa con las concentraciones de GLI al 4% y 8% (Figura 7). Para el tratamiento T6 (suelo + *P. aeruginosa*), la concentración de GLI al 0%, 2% y 4%, mostraron una diferencia significativa con la concentración de GLI al 8% (Figura 7).

Para el tratamiento T7 (suelo + *O. anthropi*), la concentración de GLI al 0% mostró una diferencia significativa con las concentraciones de GLI al 4% y 8%. Para la concentración de GLI al 2%, la LT mostró una única diferencia significativa con la concentración de GLI al 8% (Figura 7). Para el tratamiento T8 (suelo + consorcio bacteriano), la concentración de GLI al 0%, 2% y 4%, mostraron valores de LT que evidenciaron una diferencia significativa con la concentración de GLI al 8% (Figura 7).

En los datos de la LT medidos en el día 21, para el tratamiento T6 (suelo sin bacteria) y T7 (suelo + *O. anthropi*) bajo concentraciones de GLI al 0%, 2%, 4% y 8%

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

mostraron diferencia significativa entre ellos, reduciéndose la LT cuando hay incremento de GLI (Figura 8). Sin embargo, para el tratamiento T6 (suelo + *P. aeruginosa*) y T8 (suelo + consorcio bacteriano) bajo concentraciones de GLI al 0%, 2% y 4% mostraron valores altos LT con una diferencia significativa respecto a la concentración de GLI al 8% (Figura 8).

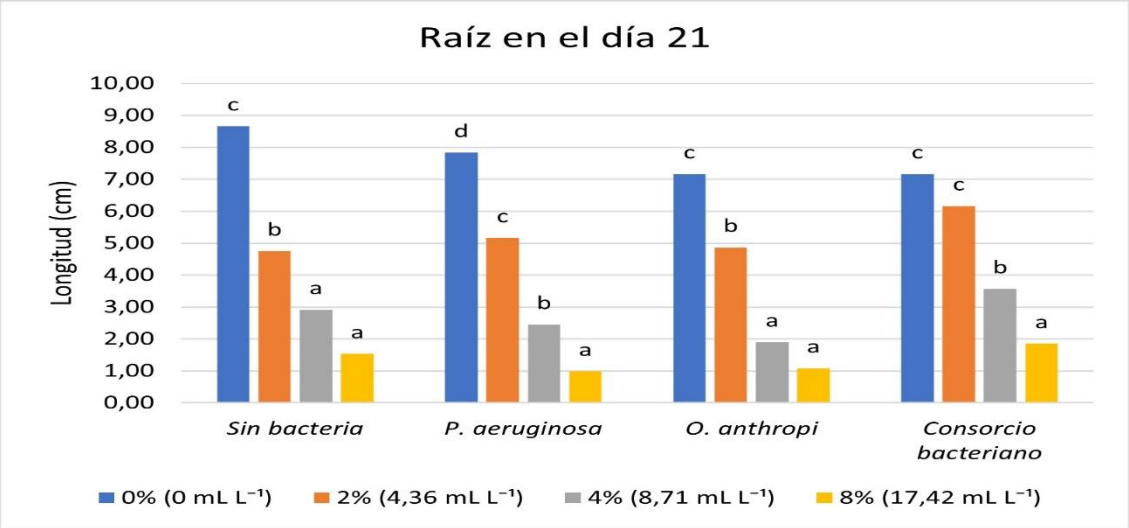


Figura 6. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones en presencia microbiana sobre la LR de *P. sativum* L a los 21 días de tratamiento. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en p<0.05. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 6. Effect of glyphosate at different concentrations in microbial presence on the RL of *P. sativum* L. at 21 days of treatment. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at p<0.05. The average of n=3 replicates is shown.

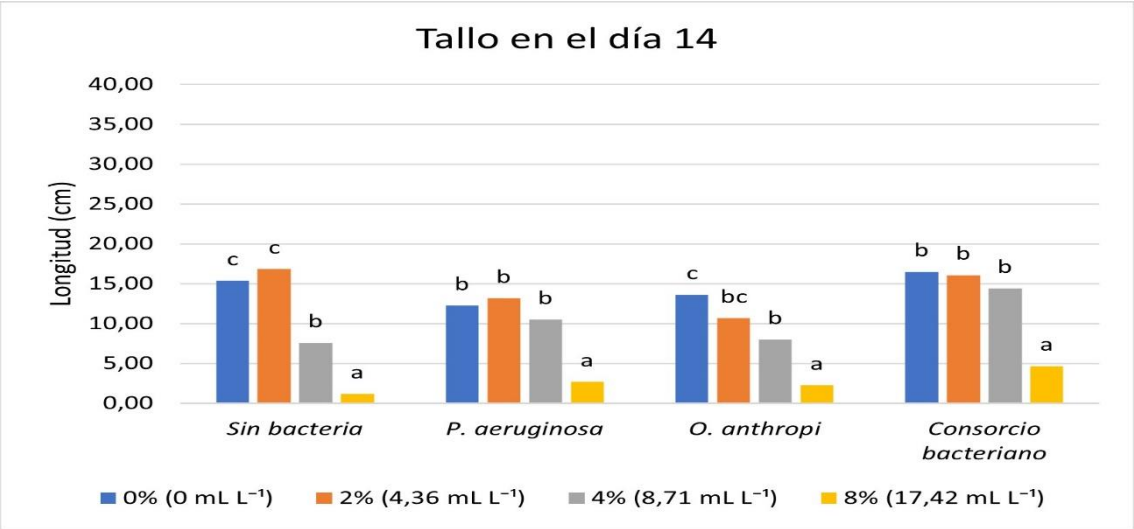


Figura 7. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones en presencia microbiana sobre la LT de *P. sativum* L a los 14 días de tratamiento. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en p<0.05. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 7. Effect of glyphosate at different concentrations in microbial presence on the SL of *P. sativum* L. at 14 days of treatment. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at p<0.05. The average of n=3 replicates is shown.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

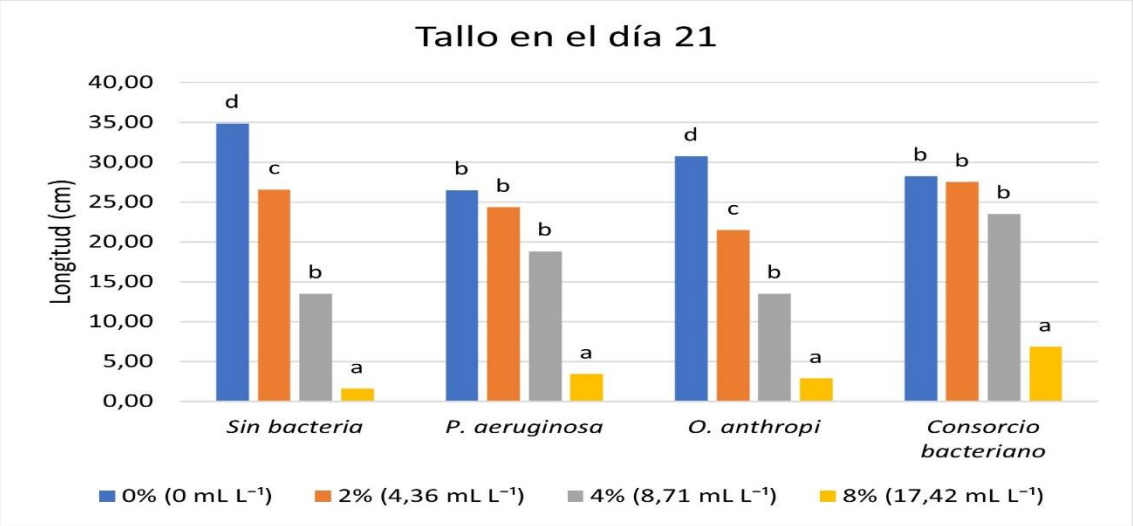


Figura 8. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones en presencia microbiana sobre la LT de *P. sativum* L a los 21 días de tratamiento. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en $p<0.05$. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 8. Effect of glyphosate at different concentrations in microbial presence on the SL of *P. sativum* L. at 21 days of treatment. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at $p<0.05$. The average of n=3 replicates is shown.

Efecto de GLI en la biomasa de *P. sativum* en diferentes grupos bacterianos

En ausencia de microorganismos, se detectaron diferencias significativas en el PFT y el PFR en respuesta a distintas concentraciones de GLI (Figura 9A). Para el tallo, el control sin GLI (0 mL/L) que registró para el peso fresco una disminución con la concentración (Figura 9A). En cuanto a la raíz, se encontraron pesos frescos diferentes en concentraciones de GLI del 2% y 8% en comparación con el control sin GLI (Figura 9A).

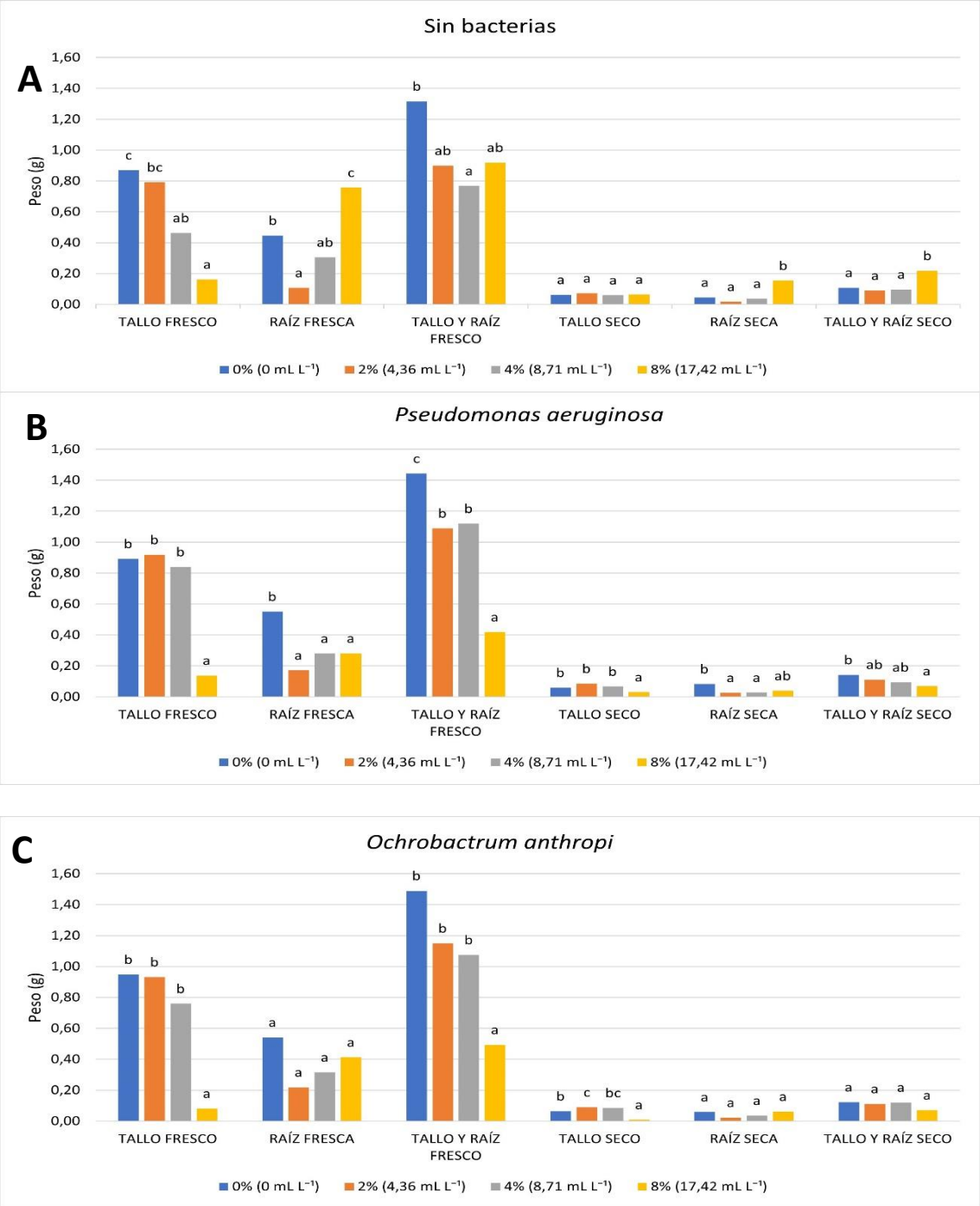
Se hallaron diferencias significativas en el PFTo con una concentración de GLI del 4%, frente al control sin GLI (Figura 9A). En relación con el PSR y el PSTo, se observaron diferencias significativas cuando GLI al 8%, respecto a las otras concentraciones. No se observaron diferencias significativas en el PST (Figura 9A).

El PFR y el PFTo para el grupo tratado con *P. aeruginosa* mostraron una reducción significativa bajo las concentraciones de GLI de 2%, 4% y 8% en comparación con el control sin GLI (Figura 9B).

El PFT y el PFTo para el grupo tratado con *O. anthropi*, mostraron una reducción significativa cuando la concentración de GLI de 8% en comparación con las otras concentraciones de GLI (Figura 9C). No se observaron discrepancias significativas en el PFR bajo concentraciones de GLI (Figura 9C). No se encontraron discrepancias significativas en el PST ni en el PSTo bajo diferentes concentraciones de GLI (Figura 9C).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

El grupo con el consorcio bacteriano mostró diferencias significativas disminuyendo en 61.07% en la concentración de GLI al 8% en el PFT en comparación con el control (Figura 9D). Además, en el PFR, se observaron diferencias estadísticas a concentraciones de GLI 2% y 8% frente a un control (Figura 9D). Para el PFTo, se notó una diferencia significativa con GLI 4% frente al control GLI 0 (Figura 9D). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el análisis estadístico del PST, PSR y PSTo bajo diferentes concentraciones de GLI (Figura 9D).



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

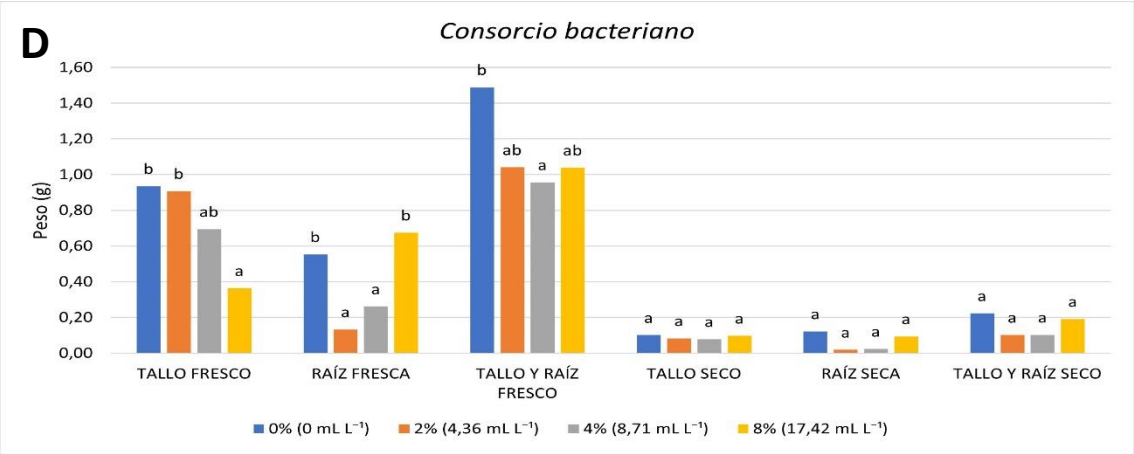


Figura 9. Efecto del glifosato a diferentes concentraciones sobre la biomasa de *P. sativum* L., en ausencia o presencia de grupos bacterianos (A) Sin bacterias, (B) *P. aeruginosa* (C) *O. anthropi* y (D) Consorcio bacteriano. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en $p<0.05$. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 9. Effect of glyphosate at different concentrations on the biomass of *P. sativum* L., in the absence or presence of bacterial groups (A) Without bacteria, (B) *P. aeruginosa* (C) *O. anthropi* and (D) Bacterial consortium. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at $p<0.05$. The average of n=3 replicates is shown.

Efecto de diferentes grupos bacterianos en el desarrollo de *P. sativum* L. bajo diferentes concentraciones de GLI

En la concentración sin GLI al 0%, se observó un ligero decrecimiento del 17,3% en la LR entre los grupos de *O. anthropi* y consorcio bacteriano en comparación con el grupo sin bacterias (Figura 10A). Por otro lado, en cuanto a la LT durante los días de medición del 14 al 21, en la misma concentración sin GLI, no se registraron discrepancias notables entre los diversos grupos bacterianos (Figura 10A).

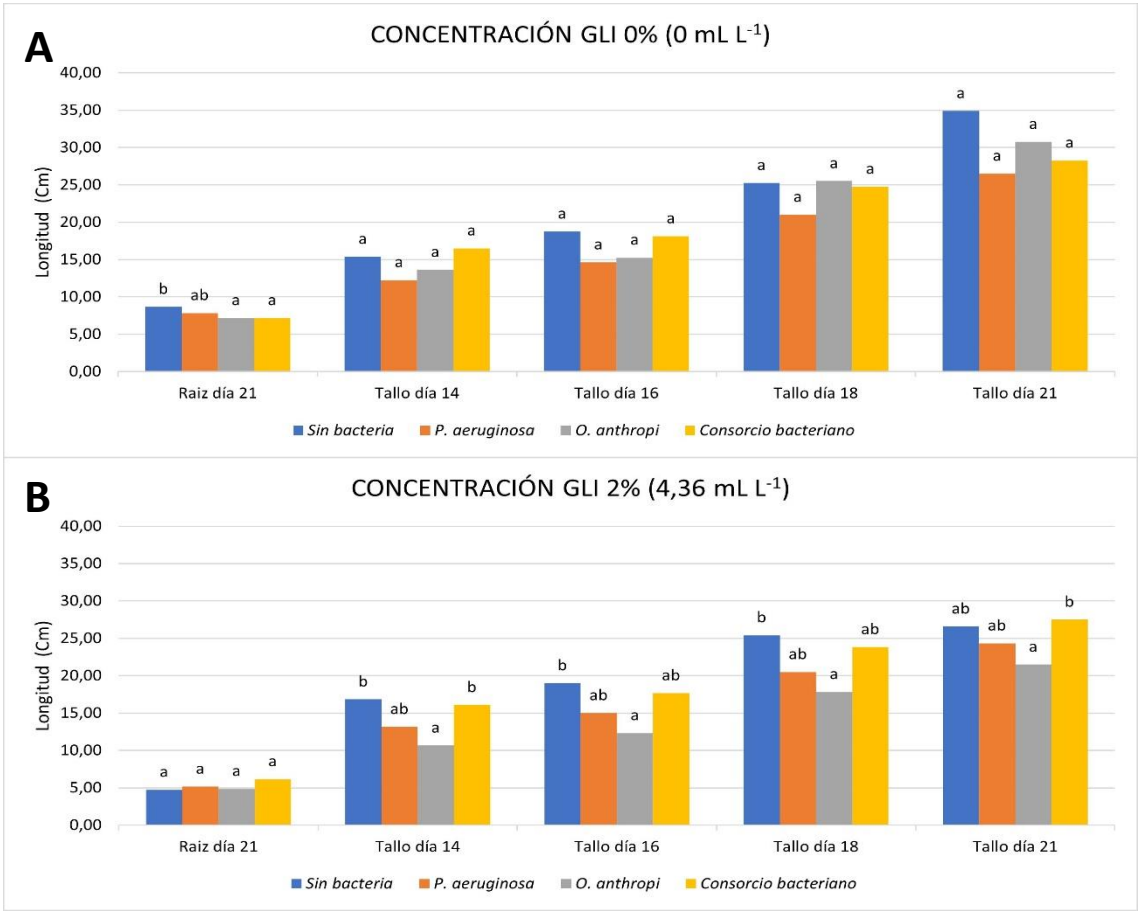
En la concentración con GLI al 2%, no se observaron diferencias significativas en la LR entre los distintos grupos bacterianos (Figura 10B). Por otro lado, la LT durante las mediciones del día 14 al 21 siguió un patrón de crecimiento similar en todos los grupos bacterianos. No se encontraron discrepancias significativas entre los grupos sin bacteria y *P. aeruginosa* en comparación con los otros grupos bacterianos (Figura 10B).

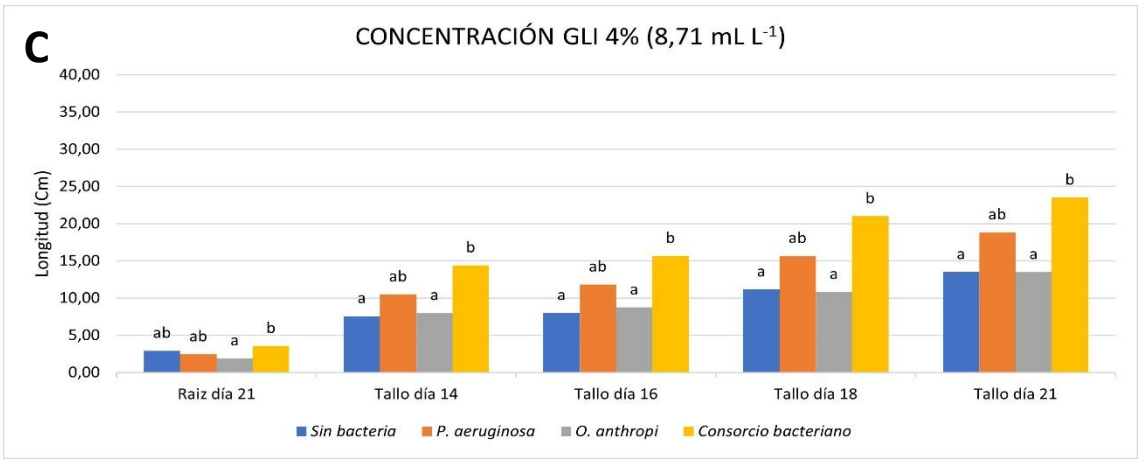
En la concentración de GLI al 4%, se observó que el grupo con consorcio bacteriano presentó una diferencia significativa respecto al grupo *O. anthropi*. Aunque no se evidenciaron discrepancias significativas entre el grupo con consorcio bacteriano y el grupo sin bacteria y el grupo con *P. aeruginosa* (Figura 10C). Por otro lado, la LT durante las mediciones entre el día 14 y el día 21 siguió un patrón de crecimiento similar en todos los grupos bacterianos. El grupo con *P. aeruginosa* no presentó diferencias significativas con ninguno de los otros grupos (Figura 10C).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

En la concentración de GLI al 8%, se observó que el grupo con consorcio bacteriano presentó una diferencia notable respecto al grupo con *P. aeruginosa*. Aunque no se evidenciaron discrepancias significativas entre el grupo con consorcio bacteriano y el grupo sin bacteria con el grupo con *O. anthropi* (Figura 10D). Por otro lado, la LT durante las mediciones entre el día 14 y el día 21 siguió un patrón de crecimiento similar en todos los grupos bacterianos (Figura 10D).





D

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

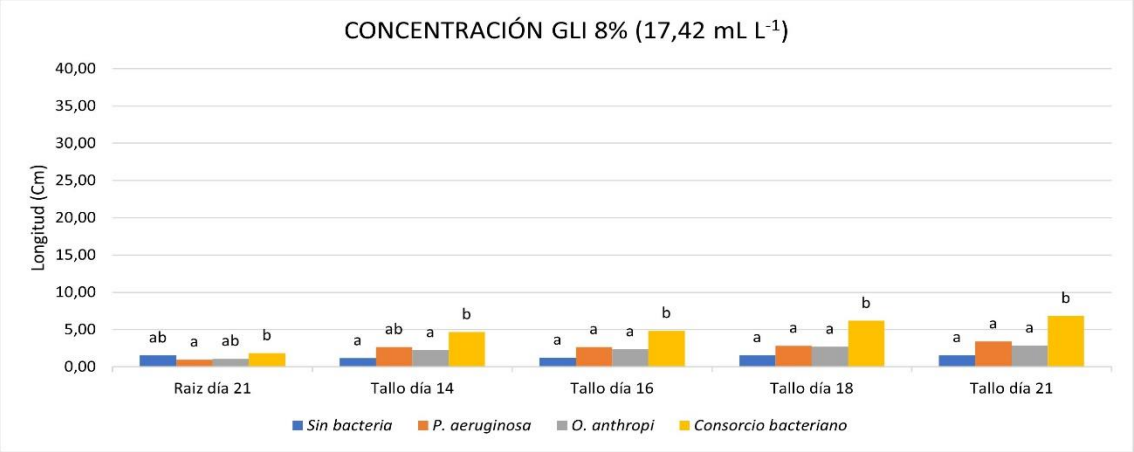


Figura 10. Efecto de grupos bacterianos a diferentes concentraciones de glifosato sobre la LR y LT (A) GLI 0% (0 mL/L), (B) GLI 2% (4.36 mL/L), (C) GLI 4% (8.71 mL/L) y (D) GLI 8%. Las diferentes letras en el gráfico de barras demuestran discrepancias significativas en $p<0.05$. Se muestra el promedio de n=3 replicados.
Figure 10. Effect of bacterial groups at different glyphosate concentrations on RL and SL (A) GLI 0% (0 mL/L), (B) GLI 2% (4.36 mL/L), (C) GLI 4% (8.71 mL/L) and (D) GLI 8%. The different letters in the bar graph demonstrate significant discrepancies at $p<0.05$. The average of n=3 replicates is shown.

NOEC y LOEC del glifosato sobre *P. sativum* en presencia de microorganismos

Los valores de NOEC y LOEC, junto con las concentraciones de GLI correspondientes, se reportan para cada grupo bacteriano (Cuadro 2). El grupo sin bacterias exhibió un NOEC más alto para el PST y el PSTo, mientras que presentó un LOEC más bajo para la LR y la LT en el día 21 (Cuadro 2). El grupo inoculado con *P. aeruginosa* mostró un NOEC más alto para el PST, y un LOEC más bajo para el PFR y el PSTo (Cuadro 2). Por otro lado, el grupo inoculado con *O. anthropi* presentó un NOEC más alto para el PFR, el PSR y PSTo, con un LOEC más bajo para la LR, LT para el día 18 y la LT para el día 21 (Cuadro 2). Además, el grupo inoculado con el consorcio bacteriano mostró un NOEC más alto para la biomasa fresca y seca, y un LOEC más bajo para la LR para el día 21 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos de NOEC (No Observed Effect Concentration) y LOEC (Lowest Observed Effect Concentration) del glifosato sobre el *Pisum sativum* en presencia de microorganismos.
Table 2. NOEC (No Observed Effect Concentration) and LOEC (Lowest Observed Effect Concentration) data of glyphosate on *Pisum sativum* in the presence of microorganisms.

Parámetro medido	Día medido	NOEC / LOEC	Sin bacterias	*P. aeruginosa*	*O. anthropi*	Consorcio bacteriano
LR	21	NOEC	<2%	<2%	<2%	2%
		LOEC	2%	2%	2%	4%
LT	14	NOEC	2%	4%	2%	4%
		LOEC	4%	8%	4%	8%
LT	16	NOEC	2%	4%	2%	4%
		LOEC	4%	8%	4%	8%

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

LT	18	NOEC	2%	4%	<2%	4%
		LOEC	4%	8%	2%	8%
LT	21	NOEC	<2%	4%	<2%	4%
		LOEC	2%	8%	2%	8%
PFT	21	NOEC	2%	4%	4%	4%
		LOEC	4%	8%	8%	8%
PFR	21	NOEC	4%	<2%	8%	8%
		LOEC	8%	2%	>8%	>8%
PFTo	21	NOEC	2%	<2%	4%	8%
		LOEC	4%	2%	8%	>8%
PST	21	NOEC	8%	4%	4%	8%
		LOEC	>8%	8%	8%	>8%
PSR	21	NOEC	4%	8%	8%	8%
		LOEC	8%	>8%	>8%	>8%
PSTo	21	NOEC	4%	4%	8%	8%
		LOEC	8%	8%	>8%	>8%

Discusión

Materia orgánica

En el presente estudio, no se observaron diferencias significativas en la materia orgánica en comparación con el control. Sin embargo, en las macetas con *P. sativum*, la materia orgánica aumentó significativamente en un 48% al 8% de GLI. Este incremento puede atribuirse a la interacción suelo-planta, al producirse una liberación de exudados vegetales en el suelo, por el daño causado en los tejidos de las plantas (Oliveros-Bastidas et al., 2009; Cheloufi et al. 2017).

Conductividad eléctrica

En cuanto a la CE, se observaron diferencias significativas en los tratamientos con microorganismos en presencia de GLI. Específicamente, los tratamientos que incluían *P. aeruginosa* u *O. anthropi* mostraron una disminución en la CE a medida que aumentaba la concentración de GLI. Sin embargo, Garcez et al. (2020) demostraron que la CE no presentó ninguna alteración significativa con la incorporación de GLI.

pH

Los valores de pH en el suelo en todos los tratamientos indicaron que hubo diferencia significativa frente al control. Los valores se encontraban en el rango de pH óptimo que van desde los 6,34 a 7,66, valores adecuados para la acción de *P. aeruginosa* y *O. anthropi* en la degradación del GLI. Se sugiere que *P. aeruginosa* podría degradar por completo 21,25 g L^{-1} de GLI después de 96 h de incubación y modificar el pH del suelo (Hoodaji et al., 2012). Además, se ha demostrado que la biodegradación del herbicida en el suelo incrementa considerablemente mediante la introducción de la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

cepa seleccionada *O. anthropi,* acompañado de los cambios químicos en el suelo (Shushkova et al., 2010).

Sin embargo, se señala que el pH no se ve afectado por la aplicación del herbicida, ya que se demostró que las sales o ácidos contenidos, no están en una capacidad de concentración para alterar el pH. Asimismo, se debe considerar que en el proceso de degradación del herbicida, los nutrientes tienen cambios, teniendo como producto las reacciones químicas que equilibran la ausencia de la interacción microbiológica (Escobar*,* 2022), aunque, a largo plazo el pH se ve alterado debido a la carencia de materia orgánica, ya que disminuye la generación de ácidos conllevando, a tener un suelo de característica alcalina (Abahonza de la Cruz et al., 2022).

Fósforo (P)

El P disponible en el suelo experimentó un aumento significativo, con un promedio del 42,07% en los tratamientos de suelo y un notable incremento del 149,92% en los tratamientos de suelo con *P. sativum*, al aplicar concentraciones de GLI al 8%, en comparación al control sin GLI. Este incremento podría atribuirse a la presencia de fosfato en la estructura del GLI, que se vuelve más disponible con el incremento de la aplicación de GLI (Hébert et al., 2018). Además, la presencia microbiana parece influir la disponibilidad del P en presencia de GLI, mediante la vía CP liasa, que es el único mecanismo conocido para la extracción de P del GLI (Hove-Jensen et al., 2014). Sin embargo, las variaciones de incremento y disminución de P en las concentraciones de 2% y 4% pudiera deberse, a la excesiva concentración calcio carbonatado en el suelo, el cual puede restringir la disponibilidad del P en las plantas (Portal de Suelos de la FAO, n.d.).

Potasio (K)

El estudio presenta hallazgos significativos sobre la interacción entre el herbicida (GLI), las bacterias del suelo y la disponibilidad de K en el suelo con *P. sativum*. Estos resultados sugieren una posible inhibición del GLI en la habilidad de la planta para absorber nutrientes (Mertens et al., 2018). Por otro lado, *O. anthropi* y el consorcio bacteriano, parecen influir en los efectos de inhibición del GLI, debido a que se observó un incremento en los niveles de K en las concentraciones de 4% y 8% de GLI, lo que sugiere que las bacterias del suelo podrían facilitar la absorción del K disponible para las plantas (Lane et al., 2012a). Sin embargo, en los mismos grupos bacterianos, a una concentración del 2% de GLI, las bacterias podrían estar contribuyendo a la transformación del K disponible en formas no asimilables, lo cual podría afectar

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

negativamente la capacidad de las plantas para aprovechar los nutrientes del suelo (Lane et al., 2012b).

Biomasa de la planta

En el grupo tratado sin microorganismos, se observa que a una concentración del 8% de GLI, el PFT de *P. sativum* disminuyó significativamente en comparación con el control. Estas variaciones en el tallo sugieren una inhibición del crecimiento debido al GLI (Fernandes et al., 2020). Se ha demostrado que el PFT tras la exposición a la concentración más baja de GLI (8 mg kg^{-1}) fue de 0,13 g, aproximadamente (Fernandes et al., 2020). Similarmente, el PFT disminuyó a la concentración más altas de GLI, siendo más evidente a una concentración del 8%, indicando una compleja y no lineal respuesta del tallo al GLI. Además, se observaron discrepancias significativas en el PFTo de la planta, especialmente a una concentración del 4% (8,71 mL L^{-1}) de GLI, donde se registró una disminución en comparación con el control sin GLI, lo que puede estar asociado a la alta concentración de GLI usado en el experimento. Se ha encontrado que a concentraciones bajas de GLI (1,8, 3,6 o 7,2 g ha^{-1}) la biomasa o PSTo de la planta aumenta y a concentraciones elevadas de GLI (180, 720 o 1449 g ha^{-1}) se redujo (Silva et al., 2016).

En el caso de los guisantes, la biomasa de los brotes se redujo en mayor medida que la biomasa de raíces, de igual manera Smedbol et al. (2019) indicaron que el efecto de GLI se observó en mayor medida en tallos seguido de las raíces. En cuanto al peso seco, se encontraron discrepancias significativas en el PSR y el PSTo a una concentración de GLI del 8% en comparación con el control sin GLI. Esta discrepancia entre el peso fresco y el peso seco puede atribuirse a la reducción en el contenido de agua de la planta en respuesta al estrés inducido por el herbicida (Huber, 2012).

El tratamiento con *P. aeruginosa* mostró diferencias en el PFR y el PFTo, en comparación con el grupo control sin GLI. A concentraciones de GLI del 2%, 4% y 8%, se evidenciaron reducciones significativas en el PFR en contraste con el control. También se registró una disminución en el PFTo en presencia de GLI, siendo más notable a concentraciones más altas del herbicida. Solo se evidenció una discrepancia significativa en el PFT a una concentración del 8% de GLI, sugiriendo una respuesta diferencial de las partes de la planta al herbicida. Estos resultados son respaldados por los hallazgos de Mohy-Ud-Din et al. (2023), quienes demostraron que el uso de microrganismos estimuladores del crecimiento, incluyendo a *P. aeruginosa*, que mejoró el peso fresco de las plantas mediante la aplicación de 100 mg/kg de GLI en el suelo,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

posiblemente debido a la solubilización de nutrientes y la producción de hormonas vegetales.

En cuanto al PSR , PST y el PSTo, se detectaron diferencias significativas a concentraciones de GLI del 2% y 4%, así como del 8%, correspondientemente. Estos hallazgos sugieren que, aunque el PSTo disminuye en presencia de GLI, el impacto en la raíz es más pronunciado que en el tallo, lo que puede indicar una mayor sensibilidad de las raíces al herbicida en comparación al tallo (Al-Arfaj et al., 2013).

Por otro lado, el grupo tratado con *O. anthropi* mostró una disminución significativa en el PFT y el PFTo a una concentración del 8% de GLI. Esto sugiere que el GLI inhibe el crecimiento del tallo y, por ende, el desarrollo general de la planta. Sin embargo, no se evidenciaron discrepancias significativas en el PFR, lo que sugiere una posible resistencia o adaptación de las raíces a las concentraciones de GLI utilizadas en el estudio, posiblemente mediada por la presencia de la bacteria *O. anthropi,* que a su vez mejoran el suelo y con ello las raíces (Shushkova et al., 2010).

En cuanto al PST, se detectaron diferencias significativas a concentraciones de GLI del 2% y 8%, lo que sugiere que el GLI afecta la estructura y composición del tallo. Sin embargo, no se evidenciaron discrepancias significativas en el PSR ni en el PSTo, lo que expresa que, aunque el GLI afecta el crecimiento y desarrollo vegetal en el caso de las plantas de alverja, su efecto puede no ser tan evidente en la biomasa seca de la planta (Dawood et al., 2019).

En el grupo tratado con el consorcio bacteriano, se encontraron efectos significativos en el PFT, PFR y el PFTo en respuesta al GLI. Aunque se observó una reducción en el PFT y el PFR, así como en el PFTo, no se encontraron diferencias significativas en el PST, PSR y PSTo lo que sugiere un efecto transitorio del GLI en la biomasa fresca de las plantas en presencia de este consorcio bacteriano.

Longitud del tallo y raíz de la planta

Este estudio evidenció que el GLI ejerció un efecto significativo en la LR, en las concentraciones de 4% y 8% de GLI, los cuales están asociadas a una reducción en el crecimiento radicular, posiblemente debido a la bioacumulación presente del GLI en las raíces (Ali et al., 2020). Sin embargo, en la concentración de GLI al 2%, solo en el conjunto con consorcio bacteriano respecto al control 0%, no marcaron diferencia significativa. El consorcio bacteriano presenta un mejor efecto en la planta a diferencia de cuando se emplean las bacterias en forma individual (Bhatt et al., 2021).

Con respecto a la LT, se revelaron patrones en cuanto al efecto de diferentes concentraciones de GLI. En primer lugar, en el día 14, se observó que las

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

concentraciones de GLI al 4% y 8% en el grupo sin bacterias, evidenciaron un efecto inhibidor del crecimiento del tallo (Ali et al., 2020), lo que concuerda con los resultados que se observaron en la LR.

Para los grupos bacterianos, se observaron patrones variables en cuanto a la LT. Específicamente en el grupo con *P. aeruginosa* y consorcio bacteriano, las concentraciones al 0%, 2% y 4% mostraron valores más elevados de LT en comparación con la concentración al 8%, lo que sugiere una posible influencia de la degradación del GLI (Gustinasari et al., 2021). Además, esta tendencia podría estar relacionada con la capacidad de la *P. aeruginosa* y del consorcio bacteriano para modular los efectos del GLI en el crecimiento de las plantas, manteniendo la LT en niveles comparables al grupo control, que representa la ausencia de GLI.

Se sugiere una relación beneficiosa entre estas bacterias promotoras del creciminento y las plantas en presencia de ciertas concentraciones de GLI (Shahid et al., 2018). En contraste, el grupo con *O. anthropi* mostró diferencias significativas en la LT entre las concentraciones 4% y 8% de GLI, sugiriendo una posible sensibilidad de la planta a estas concentraciones en presencia de esta bacteria, lo que podría estar referido con la capacidad de la bacteria para bioacumular el GLI en la planta (Ali et al., 2020).

En el día 21, se mantuvieron las diferencias significativas entre las concentraciones de GLI en la LT para los grupos sin bacterias y *O. anthropi*, lo que indica efectos a largo plazo de estas concentraciones en el desarrollo de la planta (Morrás et al., 2022). No obstante, es crucial señalar que los grupos de *P. aeruginosa* y consorcio bacteriano mostraron valores más altos en comparación con la concentración al 8%, lo que sugiere una posible adaptación o resistencia a concentraciones del 2% y 4% de GLI en estos grupos específicos, lo que podría implicar la capacidad de mantener el efecto de degradación en el GLI a pesar de la presencia de concentraciones moderadas del GLI (Germaine et al., 2006).

En relación con la influencia de los grupos bacterianos, se observó un beneficio en la LR en presencia del consorcio bacteriano bajo concentraciones de GLI al 4% y 8%. Se registró incrementos del 87,73% y 88,20% respectivamente, en comparación con los demás grupos bacterias de *P. aeruginosa* y *O. anthropi*. Aunque estos aumentos no mostraron diferencia significativa en relación con el grupo sin bacterias, indican un posible efecto positivo de las bacterias en el crecimiento radicular, debido al efecto de degradación del GLI por parte del consorcio bacteriano (Bhatt et al., 2021).

En cuanto a la LT, se observó un incremento significativo en presencia del consorcio bacteriano a concentraciones de GLI del 2%, 4% y 8%. Este incremento fue particularmente notable a concentraciones más altas de GLI, alcanzando un aumento

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

del 331,46% en comparación con el grupo sin bacterias bajo una concentración de GLI 8%. Esto indicó que la presencia de bacterias, especialmente el consorcio bacteriano, podría degradar el GLI, lo que a su vez mitigaría los efectos negativos de esta sustancia en el desarrollo de las plantas, tanto en la LR como en la LT (Góngora-Echevarría et al., 2020).

Conclusiones

El GLI, en concentraciones elevadas, tuvo un impacto negativo del 84,74% en el crecimiento y desarrollo del *P. sativum*. Sin embargo, la inoculación con consorcio bacteriano en las concentraciones de GLI al 4% y 8%, puede atenuar estos efectos adversos y mejorar el crecimiento de la planta. El PFT fue más afectado en comparación con el PFR; no obstante, al utilizar el consorcio bacteriano, el impacto negativo fue menor en comparación con el uso individual. La materia orgánica no varió significativamente a diferentes concentraciones de GLI en presencia de microorganismos. Sin embargo, en las macetas con *P. sativum*, la materia orgánica aumentó significativamente al 8% de GLI. La CE disminuyó con GLI en todas las combinaciones de suelo y de microorganismos. Además, el pH del suelo disminuyó con concentraciones más altas de GLI. Con respecto al P y K se observó un incremento en las concentraciones del 8% con respecto al control. Estos resultados subrayan la relevancia de tener en cuenta la interacción entre herbicidas, plantas y microorganismos en la agricultura y la gestión de herbicidas en el entorno agrícola.

Reconocimiento

Este estudio fue financiado por la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú a través del concurso de fondos para proyectos de tesis (Resolución Directoral Académica de carrera N°097-2022-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA). La presente investigación fue aprobada por el Comité Institucional de Ética en Investigación con animales y biodiversidad de la Universidad Científica del Sur con Constancia N° 057-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022.

Referencias

Abahonza de la Cruz, D. V., Benavides Mejía, O. A., Fajardo Escobar, C. P., & Huertas Delgado, J. L. (2022). Remediación de suelos degradados con glifosato a partir de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

enmiendas orgánicas a escala laboratorio. *Las Ciencias Ambientales y Su Avance Sin Fronteras Durante La Pandemia*, pp. 153–167. Universidad Mariana. https://doi.org/10.31948/editorialunimar.171.c222

Alache-Lizarbe, L., Vega-Córdova, E., & Lizarbe-Córdova, J. (2020). Adaptación y eficiencia agronómica en el maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en diferentes localidades de la costa central y norte del Perú. *Boletín redipe, 9*, 260-271.

Al-Arfaj, A., Abdel-Megeed, A., Ali, H. M., & Al-Shahrani, O. (2013). Phyto-microbial degradation of glyphosate in Riyadh area. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, *7*, 1351–1365. https://doi.org/10.9735/0975-5276.5.5.458-466

Ali, S., Abbas, Z., Rizwan, M., Zaheer, I. E., Yavaş, İ., Ünay, A., Abdel-Daim, M. M., Bin-Jumah, M., Hasanuzzaman, M., & Kalderis, D. (2020). Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals Polluted water: a review. *Sustainability*, *12*, 1927. https://doi.org/10.3390/su1205192

Arispe-Vázquez, J. L., Cadena-Zamudio, D. A., Tamayo-Esquer, L. M., Noriega-Cantú, D. H., Toledo-Aguilar, R., Felipe-Victoriano, M., Barrón-Bravo, O. G., Reveles-Hernández, M., Ramírez-Sánchez, S. E., & Espinoza-Ahumada, C. A. (2023). A review of the current panorama of glyphosate resistance among weeds in Mexico and the rest of the world. *Agro Productividad*, 16, 135-149. https://doi.org/10.32854/agrop.v16i7.2618

Badii, M. H., & Varela, S. (2015). Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente. *CULCYT, Cultura Científica y Tecnológica, 28*, 5-17. https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/375

Barros, C., & Gamez, V. (2008). *Determinación de la concentración letal media (Cl50-96) del glifosato Roundupr 747sg, por medio de bioensayo utilizando alevinos de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)* (Tesis de pregrado, Universidad de la Salle). https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/468

Bautista, J. I., & Arévalo, J. J. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región, 26*, 20-28. https://doi.org/10.25054/22161325.2527

Bhatt, P., Bhatt, K., Sharma, A., Zhang, W., Mishra, S., & Chen, S. (2021). Biotechnological basis of microbial consortia for the removal of pesticides from the environment. *Critical Reviews In Biotechnology, 41*, 317-338. https://doi.org/10.1080/07388551.2020.1853032

Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *33*, 117-124. https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58

Cantaro-Segura, H.B. (2019). *Reguladores de crecimiento en el cultivo de arveja*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

(Pisum sativum L.) cv. Rondo en La Molina. (Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae en horticultura, Universidad Nacional Agraria La Molina). https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3893

Carrero, A., Zambrano, G.,A., Hernández, G.E., Contreras, B.F., Machado, D.D., Bianchi, B.G., & Varela, D.R. (2015). Comparación de dos métodos de extracción de fósforo disponible en un suelo ácido. *Avances en Química, 10*, 29-33.

Castrejón-Godínez, M. L., Tovar-Sánchez, E., Valencia-Cuevas, L., Rosas-Ramírez, M. E., Rodríguez, A., & Mussali-Galante, P. (2021). Glyphosate pollution treatment and microbial degradation alternatives, a review. *Microorganisms*, *9*, 1–21. https://doi.org/10.3390/microorganisms9112322

Cheloufi, R., Messaadia, H., & Alayat, H. (2017). Biodegradation of herbicides by *Pseudomonas aeruginosa* in two soils types of the Bou Namoussa irrigable perimeter (Algerian Extreme Northeast): Effects on mineral nutrition (P_2O_5 and NO^{3-}). *Journal of Materials and Environmental Science*, *8*, 2513–2521.

Cuervo, J. (2007). *Interacción del glifosato (Roundup®) con la biota microbiana del suelo y comportamiento de este herbicida en tres suelos del Tolima-Colombia, bajo condiciones controladas* (Maestría en Agronomía, Universidad Nacional de Colombia).

Cuhra, M., Traavik, T., & Bøhn, T. (2013). Clone- and age-dependent toxicity of a glyphosate commercial formulation and its active ingredient in *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*, *22*, 251–262. https://doi.org/10.1007/s10646-012-1021-1

Escobar, M. (2022). *Evaluación de impacto de glifosato en propiedades físicas y químicas del suelo andisol mediante análisis cienciometrico* (Trabajo de grado - Especialización Universidad ECCI). https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3070

Ezaka, E., Akintokun, A. K., Akintokun, P. O., Taiwo, L. B., Uthman, A. C. O., Oyedele, O. A., & Aluko, O. I. (2019). Glyphosate degradation by two plant growth promoting bacteria (PGPB) isolated from rhizosphere of maize. *Microbiology Research Journal International*, *26*, 1–11. https://doi.org/10.9734/mrji/2018/v26i630081

Fernandes, B., Soares, C., Braga, C., Rebotim, A., Ferreira, R., Ferreira, J., Fidalgo, F., Pereira, R., & Cachada, A. (2020). Ecotoxicological assessment of a glyphosate-based herbicide in cover plants: *Medicago sativa* L. as a model species. *Applied Sciences*, *10*, 5098. https://doi.org/10.3390/app10155098

Germaine, K. J., Liu, X., Garcia-Cabellos, G., Hogan, J., Ryan, D., & Dowling, D. N. (2006). Bacterial endophyte-enhanced phytoremediation of the organochlorine herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *FEMS Microbiology Ecology*, *57*, 302-310. https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2006.00121.x

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Gustinasari, K., Pandebesie, E. S., Syafei, A. D., & Hermana, J. (2021). Phytotoxicity of glyphosate-based herbicide to *Typha angustifolia* and *Vetiveria zizanioides* and its effect on rhizosphere bacteria*. Nanotechnology for Environmental Engineering*, *6*, 45. https://doi.org/10.1007/s41204-021-00140-1

Gutiérrez, R.E., & Cáceres, C.A. (2018). Correlación entre la conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación del suelo y en extractos con cinco relaciones sueloagua. *Revista Alfa, 2*, 144–156. https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v2i6.46

González-Ortega, E., & Fuentes-Ponce, M. H. (2022). Dynamics of glyphosate in soil and its effects on microbiota. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, *38*, 127–144. https://doi.org/10.20937/RICA.54197

Hadi, F., Mousavi, A., Noghabi, K. A., Tabar, H. G., & Salmanian, A. H. (2013). New bacterial strain of the genus *Ochrobactrum* with glyphosate-degrading activity. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, *48*, 208–213. https://doi.org/10.1080/03601234.2013.730319

Hébert, M., Fugère, V., & Gonzalez, A. (2018). The overlooked impact of rising glyphosate use on phosphorus loading in agricultural watersheds. *Frontiers in Ecology and the Environment, 17*, 48-56. https://doi.org/10.1002/fee.1985

Heck, K., De Marco, É. G., Duarte, M. W., Salamoni, S. P., & Van Der Sand, S. (2015). Pattern of multiresistant to antimicrobials and heavy metal tolerance in bacteria isolated from sewage sludge samples from a composting process at a recycling plant in southern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment, 187*, 328. https://doi.org/10.1007/s10661-015-4575-6

Henríquez, M., Pérez, J., Gascó, J. M., & Rodríguez, O. (2005). Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. *Bioagro, 17*, 59-62.

Hoodaji, M., Tahmourespour, A., & Partoazar, M. (2012). The efficiency of glyphosate biodegradation by *Pseudomonas* (*aeruginosa*). Microbes in Applied Research: Current Advances and Challenges, Malaga, Spain, 14 - 16 September 2011, 7, pp. 183–186. https://doi.org/10.1142/9789814405041_0036

Hove-Jensen, B., Zechel, D. L., & Jochimsen, B. (2014). Utilization of glyphosate as phosphate source: Biochemistry and Genetics of Bacterial Carbon-Phosphorus lyase. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, *78*, 176-197. https://doi.org/10.1128/mmbr.00040-13

Huber, M. (2012). *Los efectos del glifosato (Roundup®) en los suelos, los cultivos y los consumidores: las nuevas enfermedades en el maíz y la soja GM y en los animales alimentados con ellas.* https://reduas.com.ar/los-efectos-del-glifosato-roundup-en-

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

suelos-cultivos-y-consumidores-nuevas-enfermedades-en-maiz-soja-gn-y-animales-alimentados-con-ellas/

Infante, C., Ortega, C., Morales, F., Ehrmann, U., Hernández-Valencia, I., & Pérez, R. (2010). Efecto del potasio en la biorremediación de un suelo contaminado con un crudo liviano. *Bioagro, 22*, 145-152.

Kay, D. (1985). *Legumbres alimenticias.* Editorial Acribia.

Lane, M., Lorenz, N., Saxena, J., Ramsier, C., & Dick, R. P. (2012a). Microbial activity, community structure and potassium dynamics in rhizosphere soil of soybean plants treated with glyphosate. *Pedobiologia*, *55*, 153-159. https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2011.12.005

Lane, M., Lorenz, N., Saxena, J., Ramsier, C., & Dick, R. P. (2012b). The effect of glyphosate on soil microbial activity, microbial community structure, and soil potassium. *Pedobiologia*, *55*, 335-342. https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2012.08.001

Ledoux, M., Hettiarachchy, N., Xiofan, Y., Howard, L., & Lee, S. (2020). Penetration of glyphosate into the food supply and the incidental impact on the honey supply and bees. *Food Control*,*109*, 106859. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106859

Mohy-Ud-Din, W., Chen, F., Bashir, S., Akhtar, M. J., Asghar, H. N., Farooqi, Z. U. R., Zulfiqar, U., Haider, F. U., Afzal, A., & Alqahtani, M.D. (2023). Unlocking the potential of glyphosate-resistant bacterial strains in biodegradation and maize growth. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1285566. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1285566

OECD. (2006). *Test No. 208. Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2*. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264070066-en

Oliveros-Bastidas, A., Macías, F., Carrera, C., Marín, D., & Molinillo, J. (2009). Exudados de la raíz y su relevancia actual en las interacciones alelopaticas. *Química Nova*, *32*, 198-213. https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100035

Pedemonte, F. (2017). *Problemática del uso de glifosato* (Tesis, Título de ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina). http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3011

Permingeat, H. (2008). El Glifosato, el herbicida y sus efectos sobre la salud. *Prospectiva Tecnológica, Número Especial*, 1–13.

Propiedades químicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Pronk, G. J., Heister, K., Vogel, C., Babin, D., Bachmann, J., Ding, G. C., Ditterich, F., Gerzabek, M. H., Giebler, J., Hemkemeyer, M., Kandeler, E., Kunhi Mouvenchery, Y., Miltner, A., Poll, C., Schaumann, G. E., Smalla, K., Steinbach, A., Tanuwidjaja, I., Tebbe, C. C., … Kögel-Knabner, I. (2017). Interaction of minerals, organic matter, and microorganisms during biogeochemical interface formation as shown by a series of artificial soil experiments. *Biology and Fertility of Soils, 53*, 9–22. https://doi.org/10.1007/s00374-016-1161-1

Rojas, C., Alayda, L., & Ramos, B. (2020). *Efecto del compost de residuos organicos y estiercol vacuno en suelo franco arenoso de la Asociación Vivienda la Blotera-Villa María del Triunfo.* (Tesis de grado, Universidad Peruana Unión) http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3286

Shahid, M., Ahmed, B., Zaidi, A., & Khan, M. S. (2018). Toxicity of fungicides to *Pisum sativum*: A study of oxidative damage, growth suppression, cellular death and morpho-anatomical changes. *RSC Advances*, *8*, 38483-38498. https://doi.org/10.1039/c8ra03923b

Silva, F. M. L., Duke, S. O., Dayan, F. E., & Velini, E. D. (2016). Low doses of glyphosate change the responses of soyabean to subsequent glyphosate treatments. *Weed Research*, *56*, 124–136. https://doi.org/10.1111/wre.12189

Singh, S., Kumar, V., Sidhu, G., Datta, S., Singh, D., Koul, B., Singh, H. & Singh, J. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria from heavy metal contaminated soil promote growth attributes of *Pisum sativum* L. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 17*, 665–671. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.01.035

Singh, S., Kumar, V., Gill, J. P. K., Datta, S., Singh, S., Dhaka, V., Kapoor, D., Wani, A. B., Dhanjal, D. S., Kumar, M., Harikumar, S. L., & Singh, J. (2020). Herbicide glyphosate: Toxicity and microbial degradation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*, 7519. https://doi.org/10.3390/ijerph17207519

Smedbol, É., Lucotte, M., Maccario, S., Gomes, M.P., Paquet, S., Moingt, M., Mercier, L.L.C., Sobarzo, M.R.P., & Blouin, M.A. (2019). Glyphosate and Aminomethylphosphonic Acid Content in Glyphosate-Resistant Soybean Leaves, Stems, and Roots and Associated Phytotoxicity Following a Single Glyphosate-Based Herbicide Application. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67*, 6133–6142. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00949

Shushkova, T., Ermakova, I., & Leontievsky, A. (2010). Glyphosate bioavailability in soil. *Biodegradation, 21*, 403–410. https://doi.org/10.1007/s10532-009-9310-y

Sviridov, A.V., Shushkova, T.V., Zelenkova, N.F., & Leontievsky, A.A. (2012). Distribution of glyphosate and methylphosphonate catabolism systems in soil

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

bacteria *Ochrobactrum anthropi* and *Achromobacter* sp. *Applied Microbiology and Biotechnology, 93*, 787–796. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21789492/

Tofiño, A., Carbono, R., Melo, A. & José, L. (2020). Efecto del glifosato sobre el microbiota, calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del Cesar, Colombia. *Revista Argentina de Microbiología, 52*, 61-71. https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.01.006

Villareal, R. (2018). *Variación temporal de las propiedades físicas del suelo y su impacto en la dinámica del glifosato en suelos bajo siembra directa y labranza convencional* (Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXOS

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CONSTANCIA N° 057-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado** (fecha de reunión: 31 de Mayo de 2022).

Código de registro:	**576-2021-PRE11**
Título:	**TOXICIDAD DEL GLIFOSATO SOBRE Pisum sativum L. Y SU EFECTO EN LOS SUELOS FRANCOS ARENOSOS APLICANDO UN CONSORCIO BACTERIANO**
Investigador(a):	**Lourdes Suna Alagón; Kevin Cruz Inca**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 07 de enero de 2024**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 08 de julio de 2022

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR – Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad – UCSUR

Méd. Vet. Milena Paola Montenegro Vega
Presidenta (e)
Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°097-2022-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 13 de julio del 2022

VISTO:
El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: ***TOXICIDAD DEL GLIFOSATO SOBRE Pisum sativum L. Y SU EFECTO EN LOS SUELOS FRANCOS ARENOSOS APLICANDO UN CONSORCIO BACTERIANO***, presentado por:

- **Lourdes Suna Alagón**
- **Kevin Cruz Inca**

CONSIDERANDO:
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:
Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: ***TOXICIDAD DEL GLIFOSATO SOBRE Pisum sativum L. Y SU EFECTO EN LOS SUELOS FRANCOS ARENOSOS APLICANDO UN CONSORCIO BACTERIANO*** y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **José Alberto Iannacone Oliver** como asesor(a) para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,

Dr. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

EVIDENCIA DEL ENVIO A LA REVISTA CIENTIFICA (Scopus)

[AM] Submission Acknowledgement Recibidos ×

Nancy León Ulate via Journals of University of Costa Rica <revistas@ucr.ac.cr> 8:38 p.m. (hace 0 minutos)
para mí, kevin, Lourdes

Hello,

Jose Alberto Iannacone has submitted the manuscript, "Toxicidad del glifosato sobre Pisum sativum y en suelo franco-arenoso aplicando un consorcio bacteriano" to Agronomía Mesoamericana.

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Nancy León Ulate

Ing. Nancy Patricia León Ulate

Agronomía Mesoamericana

pccmca@gmail.com

2511-7770

8877-0028

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis