TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL ACUÁTICO DE LA MEZCLA DE DOS HERBICIDAS COMERCIALES EN EL BIOINDICADOR *Daphnia magna*"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Maximiliano Susanivar Agustin (0000-0003-3729-317X)

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, 15 de febrero del 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. César Oswaldo Arévalo Hernández
Miembro: Mg. Orlando Advíncula Zeballos
Miembro: Mg. Vladimir Alfonso León Menacho

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL ACUÁTICO DE LA MEZCLA DE DOS HERBICIDAS COMERCIALES EN EL BIOINDICADOR Daphnia magna"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Maximiliano Susanivar Agustin**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dr. Jose 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 calificar a:

Tesista: Maximiliano Susanivar Agustin			Nota: 18 (Dieciocho)
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente (X)	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Mg. César Oswaldo Arévalo Hernández
Presidente

Mg. Orlando Advíncula Zeballos
Miembro 1

Mg. Vladimir Alfonso León Menacho
Miembro 2

Dr. Jose Alberto Iannacone Oliver
Asesor

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, 02 de marzo del 2024

Señor,
Dr. Carlos Zavalaga Reyes

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

De nuestra consideración,

Yo: **Maximiliano Susanivar Agustin**, estudiante/egresado de la carrera de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor/la asesora de tesis **JOSE ALBERTO IANNACONE OLIVER**, declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: **"EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL ACUÁTICO DE LA MEZCLA DE DOS HERBICIDAS COMERCIALES EN EL BIOINDICADOR Daphnia magna"** 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 mi (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
DNI: 73660686

Firma del asesor de tesis
DNI: 09413998

[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. Evaluación del riesgo ambiental acuático de la mezcla de dos herbicidas comerciales en el bioindicador *Daphnia magna*

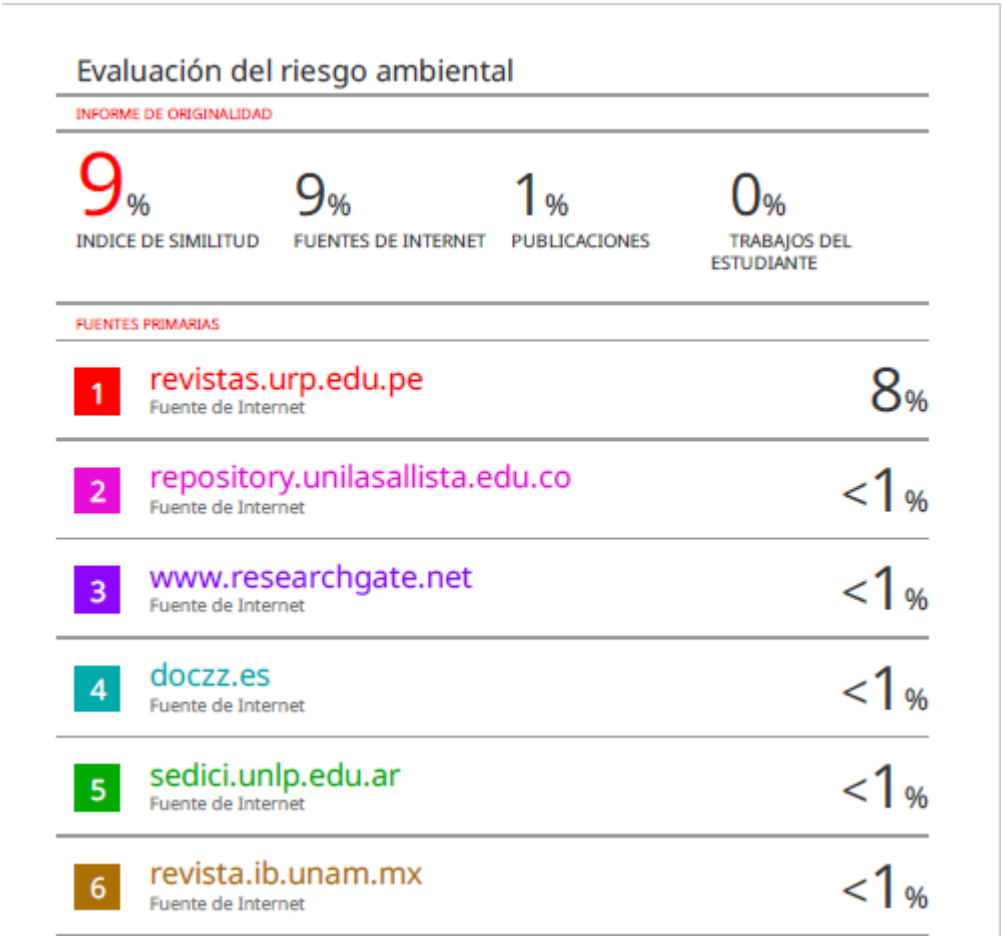
Autores. Maximiliano Susanivar Agustin

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2339920742).

Resultado de la evaluación. 9%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

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



Evaluación del riesgo ambiental

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	1%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	revistas.urp.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	repository.unilasallista.edu.co Fuente de Internet	<1%
3	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
4	doczz.es Fuente de Internet	<1%
5	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1%
6	revista.ib.unam.mx Fuente de Internet	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DEDICATORIA

A mis padres, Máximo y Lorenza, quienes me enseñaron que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez. Y para mi hijo Mateo que me enseño que cuando la vida se pone dura y me siento solo, siempre recuerde que soy el mundo para alguien, para alguien que me dice papá.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis hermanos por alegrarme los días, por todos los consejos brindados, por compartir muchas horas de ocio, por las peleas y los ánimos.

A mis amigos, con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Pues ellos se convierten en amigos de vida y algunos serán mis colegas, gracias por todo su apoyo.

Al PhD. Jose Alberto Iannacone Oliver asesor de tesis quien estuvo guiándome académicamente con su experiencia y profesionalismo.

A los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Científica del Sur.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ASSESSMENT OF THE AQUATIC ENVIRONMENTAL RISK OF THE MIXTURE OF TWO COMMERCIAL HERBICIDES IN THE BIOINDICATOR *Daphnia magna*

Evaluación del riesgo ambiental acuático de la mezcla de dos herbicidas comerciales en el bioindicador *Daphnia magna*

Maximiliano Susanivar-Agustin[1*] and José Iannacone[1,2]

[1]Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Científica del Sur (UCSUR), Lima, Perú.
[2]Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Escuela Universitaria de Posgrado (EUPG), Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Facultad de Ciencias Naturales y Matemática (FCCNM). Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú.

* Author for correspondence: 180000286@cientifica.edu.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN

El bioensayo con *Daphnia magna Strauss*, *1820*, es muy útil para calcular el efecto ecotoxicológico agudo individual y en mezcla de diversos químicos a través de su concentración letal media (CL_{50}). El fin de la investigación fue evaluar el riesgo ambiental acuático de la interacción (mezcla) de los herbicidas glifosato (GLY) y paraquat (PQ) en *Daphnia magna*. En ensayos a 24h y 48h de exposición, se utilizaron cultivos estandarizados en el bioindicador *Daphnia magna* donde evaluaron los herbicidas GLY y PQ, y la interacción de ambos. Los datos obtenidos para *D. magna* demostraron que la toxicidad aguda fue la siguiente: mezcla de glifosato+paraquat >paraquat >glifosato. La Evaluación del Riesgo Ambiental (ERA) sin uso del factor de seguridad (FS) mostró que el GLY no representa un riesgo individual en el cultivo de palta, mientras que en los demás escenarios (café y caña de azúcar) sí; contrario a PQ que si representa un riesgo ambiental acuático. La ERA determinada con uso del FS mostró riesgo para ambos herbicidas en todos los escenarios. Se concluye que GLY y PQ representan un riesgo para el ecosistema acuático.

Palabras clave: Bioensayo, concentración ambiental esperada, concentración letal media, mezcla de los plaguicidas, toxicidad, ambiente acuático.

ABSTRACT

The bioassay with the bioindicator *Daphnia magna Strauss*, 1820, it facilitates the achievement of acute individual and mixed ecotoxicological effect of different chemical toxicants by means of the average lethal concentration (LC_{50}). Aims of the research was to evaluate the aquatic environmental risk of the interaction (mixture) of the herbicides glyphosate (GLY) and paraquat (PQ) in *Daphnia magna.* In trials at 24h and 48h of exposure, standardized cultures were used in the bioindicator *Daphnia magna* where the herbicides GLY and PQ, and the interaction of both were evaluated. The data obtained

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

for *D. magna* showed that the acute toxicity was as follows: mixture of glyphosate+paraquat >paraquat >glyphosate. Environmental Risk Assessment (ERA) without using the safety factor (FS) showed that the GLY doesn´t represent an individual risk in avocado crop, and other scenarios (coffee and sugarcane) it does; contrary to PQ which does represent an aquatic environmental risk. ERA determined with FS use showed risk for both herbicides in all scenarios. It is concluded that GLY and PQ pose a risk to the aquatic ecosystems.

Key words: Bioassay, expected environmental concentration, mean lethal concentration, pesticide mixture, toxicity, aquatic environment.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INTRODUCCIÓN

Los herbicidas cumplen un rol importante en la agricultura moderna, para el control de malezas (Chirinos et al., 2020), facilitando la producción a gran escala; sin embargo, son perjudiciales cuando los compuestos químicos llegan al ambiente acuático, a causa de acciones antropogénicas, como el enjuague de envases, bidones, mochilas fumigadoras en ríos, arroyos o cerca de ellos. Del mismo modo, fenómenos naturales como la escorrentía y/o la lixiviación facilitan el traslado de los residuos de herbicidas hacia los cuerpos de agua superficiales y subterráneas, la cual se manifiesta con efectos toxicológicos en animales y plantas, el grado de toxicidad varia acorde a como se halla el herbicida en el ambiente acuático sea de forma individual o combinados (Escobar-Chávez et al., 2019; Gronerth-Acuña, 2020; Sasal et al., 2017).

A raíz de ello, la existencia de herramientas para evaluar los riegos que causan la aplicación de agroquímicos al ambiente, como las investigaciones ecotoxicológicas encaminadas en realizar una evaluación de riesgo ambiental (ERA) para mezclas de plaguicidas, las cuales suministran una visión más acorde a la realidad (Arrázola-Vásquez y Iannacone, 2021). La ERA en el ambiente acuático facilita la clasificación, comparación y prioriza los riesgos en temas ambientales, realizando análisis de costo-beneficio y de costo-efectividad; a través de un método iterativo, consiguiendo información nueva la cual se incorpora en la evaluación del riesgo y mejora la toma de decisiones sobre un compuesto químico (Arrázola-Vásquez y Iannacone, 2021; Burga et al., 2009; Escobar-Chávez et al., 2019).

Los herbicidas representan un gran problema debido a la contaminación al momento de su aplicación y almacenamiento por parte de los agricultores, por ser productos de alto grado de toxicidad (Oyarce y Rodríguez, 2021). Sin embargo, en nuestro país se hace uso de los herbicidas como el glifosato (GLY) de manera intensiva y el Paraquat (PQ), a pesar

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

de su prohibición desde 2020, lo cual provoca un incremento de residuos de estos compuestos en el ambiente acuático (Zirena-Vilca *et al.*, 2018, Castillo *et al*. 2020).

El glifosato (GLY) es una sal isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina, con peso molecular 228.22 g/mol, se utiliza como herbicida no selectivo, de acción sistémica, que actúa a través del follaje (Salazar-Lopez y Aldana-Madrid, 2011; Gonzalez-Ortega y Fuentes-Ponce, 2022). En el ambiente acuático el glifosato perjudica la composición de aminoácidos aromáticos, la fabricación de clorofila, la fotosíntesis y la respiración (Zirena-Vilca *et al.*, 2018).

El paraquat (PQ) conocido como 1,1′-Dimetil-4,4′-bipiridilo con peso molecular 186 g/mol, es un herbicida desecante de control no selectivo de malezas (Viales-López, 2014). Si los factores ambientales son favorables, sumado a su adsorción a sedimentos el paraquat alcanza una vida media de entre 2 y 820 años aproximadamente, a altas profundidades la inexistente degradación química o microbiológica influye en su gran persistencia en el agua (Neumeister y Isenring, 2011; Thi Hue et al., 2018), disminuyendo la cantidad y la biomasa de los organismos de gran tamaño alterando el sistema acuático (Gagneten, 2002).

Los bioensayos de toxicidad para ambientes acuáticos con la pulga del agua *Daphnia magna* son altamente sensibles y de bajo coste en su aplicación (Albizzi *et al*., 2021), por otro lado, su extensa repartición geográfica, el significativo papel que desempeñan dentro de la comunidad zooplanctónica, su facil cultivo, tipo de reproducción partenogénica, y su corto periodo de vida logrando un alto número de crías, lo convierten en un grupo perfecto para la valoración de toxicidad, a nivel mundial (Agudelo et al., 2018; Albizzi et al., 2021; Burga et al., 2009; Escobar-Chávez et al., 2019; Iannacone et al., 2011).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

El objetivo de la investigación fue valorar el riesgo ambiental acuático de la interacción (mezcla) de dos herbicidas comerciales (GLY y PQ) sobre el indicador *D. magna*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de investigación

La investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación en Ecología y Biodiversidad animal (LEBA) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), El Agustino, Lima, Perú.

Organismo de prueba

Se utilizó el Cladócero *D. magna*, acondicionados en el laboratorio LEBA, las cuales se cultivaron en peceras de vidrio (15 x 30 x 10 cm), como medio de cultivo se utilizó agua embotellada San Mateo®, y alimentado con 50mL *Arthrospira platensis* por cada litro de agua, cada dos días.

La alimentación se realizó con capsulas de *A. platensis* de la marca Bionaturista®. Se utilizó dos capsulas en 10 L de agua San Mateo®, la cual se colocó en aireación y luminosidad constante, por tres días antes de alimentar a los cultivos parciales de *D. magna*. El fotoperiodo de los cultivos fue aproximadamente de 12:12 con temperatura ambiente (27 ±1 °C) y aireación adecuada para la proliferación de los dafnidos. Los parámetros fisicoquímicos: temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD) y conductividad eléctrica (CE) se determinaron haciendo uso del multiparámetro HandyLab 680.

Herbicidas

Se empleó el GLY de la marca Fuego® a una concentración de 480 $g.L^{-1}$, a partir de la cual se establecieron ocho concentraciones ($mg \cdot L^{-1}$) para el bioensayo 400, 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25 y 3.125. Para el PQ se utilizó el producto Quemax® con una pureza de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

276g.L^{-1} estableciendo seis concentraciones (mg·L^{-1}) para bioensayo 40, 20, 10, 5, 2.5 y 1.25.

Bioensayos

Se realizaron bioensayos individuales de cada herbicida GLY y PQ, para determinar la concentración letal media (CL_{50}), y luego en base a las CL_{50} de los herbicidas se determinó las concentraciones de las mezclas.

Consideraciones previas. Un día antes de realizar las pruebas de toxicidad individuales y de mezcla, se seleccionaron grupos de madres partenogenéticas de *D. magna*, con el fin garantizar el uso neonatos (< 24h de nacidos) en los bioensayos (Burga *et al.*, 2009; Escobar-Chávez *et al*., 2019; Iannacone *et al.*, 2011, 2012).

Bioensayos individuales. Las diluciones para el bioensayo se realizaron con agua embotellada San Mateo®, con factor de dilución de 0,5. y se evaluó los parámetros físicos y químicos: oxígeno disuelto (OD), temperatura, pH, y conductividad eléctrica (Ce) (Agudelo *et al*., 2018; Escobar - Chávez *et al*., 2019). Luego se colocaron 20 mL de cada dilución en envases de 60 mL de capacidad a los cuales se trasladaron 10 neonatos de *D. magna,* para iniciar el ensayo de toxicidad aguda, donde se evaluaron la mortalidad en 24 y 48h de iniciado la exposición. Se utilizó como criterio de mortalidad la falta de ritmo cardiaco o carencia de movilidad, con la ayuda de un microscopio 40 X y estereoscopio de 10 X (Burga et al., 2009; Escobar-Chávez et al., 2019; Iannacone et al., 2011, 2012). Durante el tiempo de exposición a los dos herbicidas, los neonatos no fueron alimentados.

Bioensayo de Mezcla. Para realizar la mezcla equitóxica se utilizaron concentraciones individuales que presentaran una tasa de mortalidad igual o menor al 5% (Hernán y Karina, 1996), es decir se realizó la mezcla teniendo como referencia el CL_5 del GLY y PQ estimadas en los bioensayos individuales. Establecidos las concentraciones de las

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

interacciones (mezclas) del PQ y GLY sobre el bioindicador, se realizaron las pruebas de toxicidad del mismo modo que los bioensayos individuales.

Diseño experimental y tratamiento

Para los ensayos de toxicidad aguda individuales y en mezcla sobre el bioindicador *Daphnia magna*, se realizó un estudio con diseño en bloques completos distribuidos al azar (DBCA) 9x4 para el GLY (un control, ocho concentraciones ($mg \cdot L^{-1}$) 400, 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25 y 3.125 y cuatro repeticiones), 7x4 para el PQ (un control, seis concentraciones ($mg \cdot L^{-1}$) 40, 20, 10, 5, 2.5 y 1.25 y cuatro repeticiones) y 7x4 para la mezcla GLY y PQ (Burga et al., 2009; Escobar - Chávez et al., 2019; Iannacone et al., 2011, 2012), todos los DBCA sin interacción factorial.

Las CL_{50}s se calculó mediante el análisis Probit al 95%. Con el análisis de varianza (ANOVA) se valoró la eficacia entre los tratamientos y las repeticiones, y con una prueba a posteriori de Tukey se comprobaron los valores de concentración a la cual no se observa efecto (NOEC) y la concentración más baja a la cual se observa efecto (LOEC) (OECD, 2012). La data estadística fue analizada el cumplimiento de la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad de varianza (Sánchez, 2019; Caja, 2020; Mendoza-Gil y Iannacone, 2021).

Toxicidad de la mezcla

Para comprobar la toxicidad de la mezcla se empleó la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{UT_{mezcla}} = \left[\frac{CL_{50}\ glifosato\ (en\ la\ mezcla)}{CL_{50}\ glifosato\ (individual)}\right] + \left[\frac{CL_{50}\ paraquat\ (en\ mezcla)}{CL_{50}\ paraquat\ (individual)}\right]$$

Donde: UT_{mezcla} = Unidades tóxicas totales o suma de la actividad biológica.

El valor UT se utilizó para verificar si existen efectos antagónicos (UT > 1), aditivos = 1 o sinérgicos (UT < 1) de la mezcla. Considerando 1 UT_{mezcla} equivalente a la CL_{50} (en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

mg.L^{-1}) de un herbicida individual (Arrázola-Vásquez & Iannacone, 2021; Escobar - Chávez et al., 2019; Iannacone et al., 2011).

La concentración ambiental esperada (CAE)

Se usó el programa EXPRESS (EXAMS-PRZM Exposure Simulation Shell) versión 1.03.02 para calcular el CAE. El modelo está diseñado para facilitar una evaluación rápida y consistente de la exposición a pesticidas acuáticos en una variedad de cultivo (EPA, 2007). Para lo cual incorpora propiedades fisicoquímicas de los herbicidas y genera el CAE al instante y días (4, 21, 60 y 90) en mg/L^{-1} de exposición. Los parámetros para el modelo EPA para cada herbicida son los siguientes: La tasa de aplicación (kg/ha), Nº máximo de aplicaciones de manera anual, método de aplicación, intervalo entre aplicaciones (días), peso molecular del ingrediente (ia), presión de Vapor a 25 °C (m Pa) donde el herbicida se encuentre fase partícula en la atmosfera, el coeficiente de partición del equilibrio (Koc) (mg·L^{-1}), vida media en el suelo en ambientes aeróbicos (días), solubilidad (mg·L^{-1}), coeficiente de reparto n-octanol-agua (Kow), Agua-sedimento DT_{50} (días), Solo fase de agua DT_{50} (días), Hidrolisis pH (5, 7 y 9) (días) y Fotolisis (días).

Tabla 1. Valores iniciales para estimación de la Concentración Ambiental Esperada (CAE) con EXPRESS 1.03.02. para glifosato (GLY) y paraquat (PQ) en los cultivos de café, palto y caña de azúcar.

Datos de entrada						
Cultivo	Palto	Palto	Café	Café	Caña de azúcar	Caña de Azúcar
Nombre químico	GLY	PQ	GLY	PQ	GLY	PQ
Tasa de aplicación (kg/ha)	0.96	0.138	1.5	0.552	1.92 y 0.768	0.966
Nº máximo de aplicaciones de manera anual	3	3	3	3	3	1
Método de aplicación	Spray de aire comprimido		Spray de aire comprimido		Spray de aire comprimido	
Intervalo entre aplicaciones (días)	120	120	120	120	50 y 300	0
Peso molecular	169.1	186.3	169.1	186.3	169.1	186.3

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Presión de Vapor a 25 °C (m Pa). Fase particula en la atmosférica	0.0131	0.01	0.0131	0.01	0.0131	0.01
Valor K_{oc} ($mg \cdot L^{-1}$)	4900	10^6	4900	10^6	4900	10^6
Vida media en el suelo en ambientes aeróbicos (días)	16.11	5000	16.11	5000	16.11	5000
Solubilidad ($mg \cdot L^{-1}$)	$1.05*10^4$	$6.2*10^5$	$1.05*10^4$	$6.2*10^5$	$1.05*10^4$	$6.2*10^5$
coeficiente de reparto n-octanol-agua (Kow)	$5.25*10^{-7}$	$3.16*10^{-5}$	$5.25*10^{-7}$	$3.16*10^{-5}$	$5.25*10^{-7}$	$3.16*10^{-5}$
Agua-sedimento DT_{50} (días)	20.8	*E	20.8	*E	20.8	*E
Solo fase de agua DT_{50} (días)	9.9	10	9.9	10	9.9	10
Hidrolisis pH 5 (días)	*E	*E	*E	*E	*E	*E
Hidrolisis pH 7 (días)	*E	*E	*E	*E	*E	*E
Hidrolisis pH 9 (días)	*E	*E	*E	*E	*E	*E
Fotolisis (días)	69	*E	69	*E	69	*E

E= Estable

Evaluación de riesgo ambiental (ERA)

Empleado en la evaluación de la naturaleza y extensión del riesgo ambiental acuático del GLY y PQ de manera individual y en composición binaria equitóxica. Para lo cual se consideró las situaciones más críticas y de gran exposición, teniendo seis escenarios para la ERA. Se evaluó a cada cultivo A, B y C (A=palta B=café y C=caña de azúcar) en dos situaciones: (1) Sin hacer uso de factor de seguridad (FS) y (2) haciendo uso de factor de seguridad (FS=1000) aplicado al CL_{50}, en un conjunto de datos para una o dos especies acuáticas (OECD, 1992).

Para los escenarios “1A, 1B y 1C”, con los de CL_{50} a 48h y CAE, se determinaron los cocientes de riesgo (RQ) del siguiente modo:

$$RQ = \frac{CAE}{CL_{50}\ a\ 48h}$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

El RQ se comparó con el nivel crítico (LOC = 0,5) planteado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) en ensayos agudos, donde se usó un bioindicador invertebrado, si el RQ es superior LOC, significa que existe riesgo ambiental (Burga et al., 2009; Escobar - Chávez et al., 2019).

Para los escenarios "2A, 2B y 2C", se valoró el riesgo ambiental mediante el cálculo de los RQ, realizando la comparación del CAE entre la concentración sin efectos previstos (CSEP), determinada a partir de la CL_{50} dividida entre FS igual a 1000. Donde un RQ<1 indica un riesgo aceptable, RQ>1 es una exposición elevada y preocupante (Planes y Fuchs, 2015)

Aspectos éticos

Los investigadores afirman que practicaron toda la normativa nacional e internacional en ensayos eco toxicológicos. Asimismo, se tiene como validación la revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética de la Universidad Científica del Sur bajo Resolución Directoral académica de Carrera N° 018 -2022-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA.

RESULTADOS

Los valores de pH, CE, OD y T del bioensayo con GLY sobre D. magna es señalado en la Tabla 2, donde se observa que el pH, OD y T no presentan una tendencia marcada de variación entre concentraciones. Mientras que para la CE a medida que se incrementa la concentración del GLY se incrementa los valores CE, explicando su alta desviación típica (159.60 µs/cm).

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos del bioensayo GLY en *D. magna*.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Concentración (mg/L GLY)	Ph	Conductividad eléctrica (µs/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura (C°)
Control	7.87	719	8.82	28.1
3.125	7.98	729	9.18	28.2
6,25	8.00	731	9.18	28.1
12.5	7.98	737	9.31	28
25	7.94	751	9.40	28
50	7.89	775	9.48	28.2
100	7.80	830	9.45	28.1
200	7.66	954	9.55	28.2
400	7.49	1202	9.67	28.3
Desviación típica	0.171	159.60	0.253	0.1

Los valores de pH, CE, OD y T del bioensayo con PQ sobre *D. magna* es señalado en la Tabla 3. Donde se observa que el pH, OD y T no presentan una tendencia marcada. Mientras que en la CE a medida que se incrementa la concentración del PQ también se incrementa sus valores, explicando su alta desviación típica (14.851 µs/cm).

Tabla 3. Parámetros físicos y químicos del bioensayo PQ en *D. magna*.

Concentración (mg/L PQ)	pH	Conductividad eléctrica (µs/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura (C°)
Control	7.95	718	8.73	27.7
1.25	8.02	718	8.42	27.8
2.5	8.03	721	8.41	27.5
5	8.05	723	8.38	27.4
10	8.06	728	8.37	27.3
20	8.06	738	8.35	27.4
40	7.98	759	8.08	27.6
Desviación típica	0.042	14,851	0.189	0.179

Los valores de pH, CE, OD y T del bioensayo mezcla GLY-PQ sobre *D. magna* es señalado en la Tabla 4. Donde se observa que el pH, OD y T no presentan una tendencia marcada. Mientras que en la CE a medida que se incrementa la concentración del GLY-PQ también se incrementa sus valores, explicando su alta desviación típica (57.017µs/cm).

Tabla 4. Parámetros físicos y químicos del bioensayo con la mezcla (GLY-PQ) en *D. magna*.

Concentración (mg/L GLY)	Concentración (mg/L PQ)	pH	Conductividad eléctrica (µs/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura (C°)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Control	Control	7.89	720	8.73	27.3
0.75	0.43125	7.95	737	8.44	27.1
1.5	0.8625	7.93	752	8.42	27.3
3	1.725	7.93	754	8.41	27.4
6	3.45	8.03	747	8.38	27
12	6.9	7.90	847	8.37	27.2
24	13.8	7.86	865	8.29	27.3
Desviación típica		0.543	57.017	0.139	0.138

Bioensayos individuales con *D. magna*. Los datos de toxicidad aguda en función a la CL_{50} para *D. magna* expuesta a variadas concentraciones de herbicidas GLY y PQ en periodos de 24h y 48h se muestran en la tabla 5. Donde se evidenciaron que existen variaciones significativas ($p< 0.05$) del control y al menos uno de los tratamientos de los herbicidas estudiados.

Tabla 5. Porcentaje de mortalidad, $CL_{50,}$ NOEC, y LOEC al aplicar herbicidas Glifosato (GLY) y Paraquat (PQ) sobre *Daphnia magna* a las 24h y 48h de exposición.

Herbicidas		Glifosato (GLY)					Paraquat (PQ)			
Horas		24h		48h			24h		48h	
[ ]	(mg. L^{-1})	% de mortalidad		% de mortalidad		mg.L^{-1}	% de mortalidad		% de mortalidad	
Control	0	0	A	0	A	0	0	A	0	A
T1	3.125	0	A	5	A	1.25	0	A	2.5	A
T2	6.25	0	A	17.5	A	2.5	0	A	32.5	B
T3	12.5	0	A	17.5	A	5	0	A	90	C
T4	25	7.5	A	12.5	A	10	12.5	B	100	C
T5	50	10	AB	14	A	20	67.5	C	100	C
T6	100	10	AB	20	AB	40	100	D	100	C
T7	200	30	B	50	B					
T8	400	65	C	77.5	C					
CL_{50} (mg.L^{-1})		269.08		262.34			16.170		2.850	
NOEC (mg.L^{-1})		e100		100			5		1.25	
LOEC (mg.L^{-1})		200		200			10		2.50	
Prueba *ANOVA* de un factor	F	31.510		17.789			256.682		2.8	
	p	0.00		0.00			0.00		0.037	

[ ]= concentraciones de herbicidas, F = Estadístico de Fisher según el análisis de Varianza. p = significancia prueba *ANOVA* de un factor, por ende, las letras mayúsculas diferentes en una misma columna indican que las medias de mortalidad son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P > 0,05).

A 24h de exposición el control se diferencia estadísticamente con los tratamientos 7 y 8 de GLY, con concentraciones de 200 mg. L^{-1} y 400 mg. L^{-1} respectivamente. A 48h se

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

presentan las mismas diferencias estadísticas con el control, lo cual se evidencia en la figura 1. Los valores NOEC y LOEC se mantienen estables a 24h y 48h. Mientras la CL_{50} a 24h excede a la CL_{50} a 48h en 2.6%.

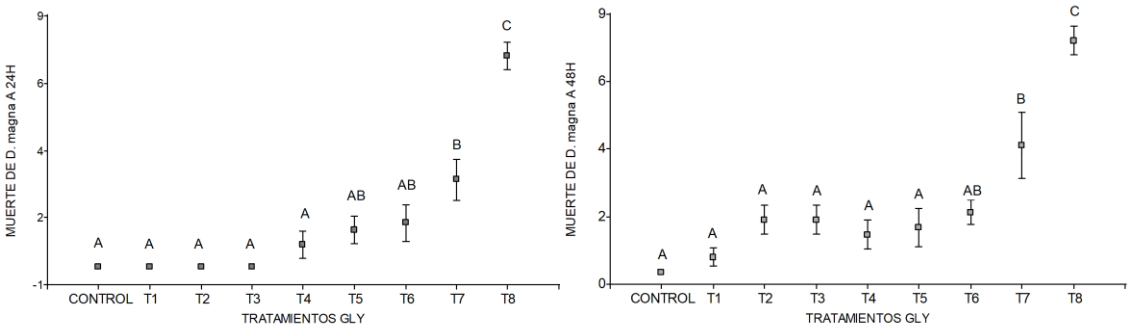


Figura 1. Valores medios (± 1 EE) de la mortandad de *D. magna* entre el control y los tratamientos a 24h y 48h de exposición a concentraciones de GLY. **Nota.** Los valores de muertes de *D. magna* a 24h y 48h son medias (n=4). las letras mayúsculas diferentes en una misma columna indican que las medias de mortalidad son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P > 0,05).

A 24h de exposición el control se diferencia estadísticamente con los tratamientos 4,5 y 6 de PQ, con concentraciones de 10, 20 y 40 mg. L^{-1}, respectivamente. A 48h de exposición se evidencia que desde la concentración 2,5 mg·L^{-1} de PQ existe una diferencia estadística respecto al control, lo cual se evidencia en la figura 2. Los valores NOEC y LOEC de 24h exceden al de 48h en 75%. La CL_{50} a 24h fue mayor en 82% al de 48h.

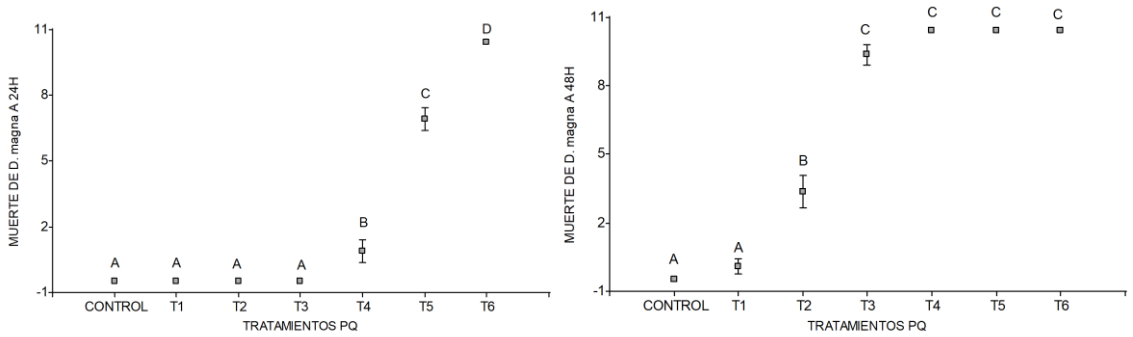


Figura 2. Valores medios (± 1 EE) de la mortandad de *D. magna* entre el control y los tratamientos a 24h y 48h de exposición a concentraciones de PQ. **Nota.** Los valores de muertes de *D. magna* a 24h y 48h son medias (n=4). Las letras mayúsculas diferentes en una misma columna indican que las medias de mortalidad son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P > 0,05).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Bioensayo de mezcla GLY-PQ con *D. magna*. Para los bioensayos de toxicidad aguda en función a la CL_{50} para *D. magna* expuesto a variadas concentraciones de mezclas equitóxicas de los herbicidas GLY y PQ con periodos de exposición de 24h y 48h se muestran en la tabla 6. Donde se evidenciaron que existen diferencias significativas ($p<0.05$) entre el control y por lo menos uno de los tratamientos.

Tabla 6. Porcentaje de mortalidad, CL_{50}, NOEC, y LOEC al aplicar mezcla de herbicidas Glifosato (GLY) y Paraquat (PQ) sobre *Daphnia* de *D. magna* a las 24h y 48h de exposición.

Herbicidas			Glifosato (GLY) + Paraquat (PQ)			
Horas			24h		48h	
[ ]	($mg.L^{-1}$) GLY	($mg.L^{-1}$) PQ	% de mortalidad		% de mortalidad	
Control	0	0	0	A	0	A
T1	0.75	0.43	0	A	15	AB
T2	1.5	0.86	0	A	20	B
T3	3	1.73	2.5	A	50	C
T4	6	3.45	5	A	95	D
T5	12	6.9	40	B	100	D
T6	24	13.8	100	C	100	D
CL_{50} ($mg.L^{-1}$) GLY			12.072		2.320	
NOEC ($mg.L^{-1}$) GLY			6		0.75	
LOEC ($mg.L^{-1}$) GLY			12		1.5	
CL_{50} ($mg.L^{-1}$) PQ			6.941		1.334	
NOEC ($mg.L^{-1}$) PQ			3.45		0.43	
LOEC ($mg.L^{-1}$) PQ			6.9		0.86	
UT_{Mezcla} [CL_{50} GLY (mezcla)/CL_{50} GLY (individual)] + [CL_{50} PQ (mezcla)/CL50 PQ (individual)]			0.474		0.468	
% contribución de muerte de la toxicidad	GLY		9.46		1.86	
	PQ		90.54		98.14	
Tipo de interacción según UT			Sinérgico		Sinérgico	

[]= concentraciones de herbicidas mezcla, UT= Unidad Toxica, Interacciones sinérgicas (UT<1); interacciones antagónicas (UT>1). las letras mayúsculas diferentes en una misma columna indican que las medias de mortalidad son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P > 0,05).

A 24h de exposición, el control se diferencia estadísticamente con los tratamientos 5 y 6 de la mezcla, con concentraciones de 12GLY; 6.9PQ mg. L^{-1} y 24GLY;13.8PQ mg. L^{-1} respectivamente. A 48h de exposición se observa que a partir del T2 con concentraciones 1.5GLY;0.86PQ mg·L^{-1} de mezcla equitóxica difieren estadísticamente respecto al control. Las diferencias estadísticas se observan en la figura 3.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

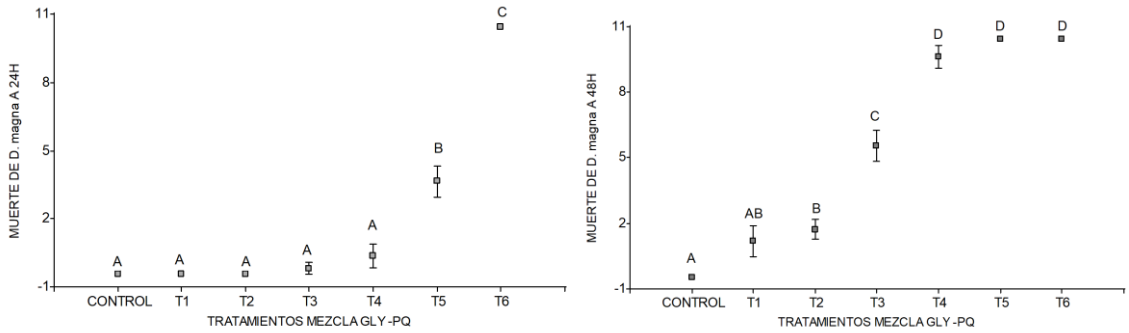


Figura 3. Valores medios (± 1 EE) de la mortandad de *D. magna* entre el control y los tratamientos a 24h y 48h de exposición a la mezcla equitóxica (GLY – PQ). **Nota.** Los valores de muertes de *D. magna* a 24h y 48h son medias (n=4). Las letras mayúsculas diferentes en una misma columna indican que las medias de mortalidad son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P > 0,05).

La Unidad toxica (UT) de la mezcla a 24h y 48h es 0.474 y 0.468 respectivamente, lo cual indica que el tipo de interacción según unidad toxica es sinérgica. Es decir que ambos herbicidas disminuyen su CL_{50} al interactuar. Las CL_{50} del GLY y PQ en mezcla para 48h fueron menores respecto a las CL_{50} de las mismas sustancias evaluadas de manera individual.

La concentración ambiental esperada (CAE) en ambiente acuático se muestra en la tabla 7, estimaciones de las CAEs obtenidas en EXPRESS para el GLY y PQ en tres escenarios

Tabla 7. Concentraciones ambientales esperada (CAE) de los herbicidas Glifosato (GLY) y Paraquat (PQ) en los cultivos de palta, café y caña de azúcar con EXPRESS 1.03.02 (EXAMS-PRZM Exposure Simulation Shell)

	Escenario	A		B		C	
	Cultivos	Palta		Café		Caña de azúcar	
	Herbicidas	GLY	PQ	GLY	PQ	GLY	PQ
CAE ($mg.L^{-1}$)	Instante	2.41	2.06	7.93	11.5	14.6	9.91
	4 días	2.22	1.79	6.88	10.2	14	6.45
	21 días	1.6	1.14	4.5	6.75	11.9	4.73
	60 días	0.856	0.715	2.62	4.50	8.9	3.71
	90 días	0.593	0.578	1.8	3.85	8.1	3.26

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Evaluación de Riesgo ambiental (ERA)

Escenario 1A, 1B y 1C. La ERA de GLY y PQ individualmente y en mezcla, en cultivos de Palta, Café y caña de azúcar sin hacer uso del factor de seguridad (FS), se muestra en las figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 donde se muestran resúmenes en forma de un gráfico radial. En las figuras 4 y 5 se muestra él ERA del glifosato donde se determinó los cocientes de riesgo (RQ) en base al CL_{50} a 24h y 48h, en los tres cultivos no superan el nivel crítico (LOC = 0,5). Lo cual indica que no presenta riesgo ambiental sobre *D. magna*.

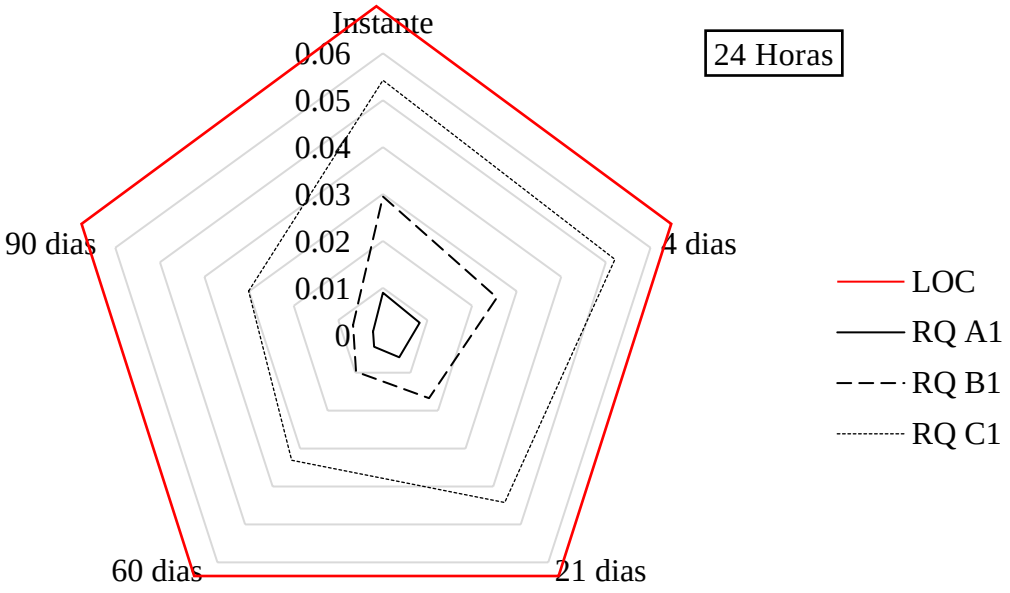


Figura 4. Evaluación de Riesgo Ambiental del Glifosato (GLY) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar sin usar FS (Factor de Seguridad), en base a la Concentración Letal media (CL_{50}) de 24h de exposición y una Concentración ambiental esperada (CAE) de instante a 90 días.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

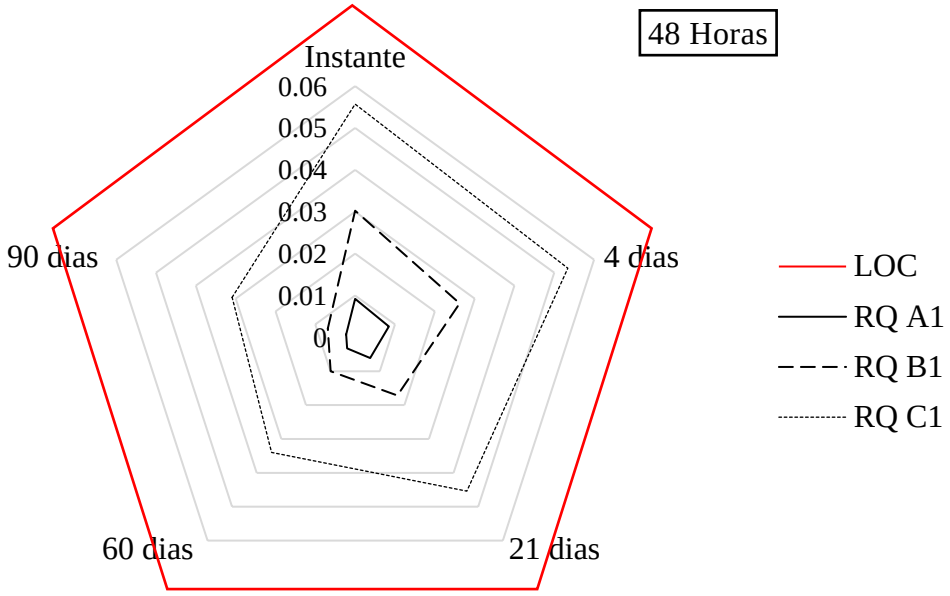


Figura 5. Evaluación de Riesgo Ambiental del Glifosato (GLY) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar sin usar FS (Factor de Seguridad), en base a la Concentración Letal media (CL_{50}) a 48h de exposición y una Concentración ambiental esperada (CAE) de instante a 90 días.

En las Figuras 6 y 7, se evalúa el herbicida PQ, los cultivos de café y caña de azúcar presentan riesgo ambiental acuático a 24h y 48h. Mientras que el cultivo de palta no, pues el cociente de riesgo (RQ) en base a CL_{50}PQ a 24h no supera el nivel crítico (LOC=0.5), por ende, no representa riesgo ambiental sobre *D. magna*. A las 48h presenta riesgo ambiental en el instante y cuatro días después de la aplicación del herbicida.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

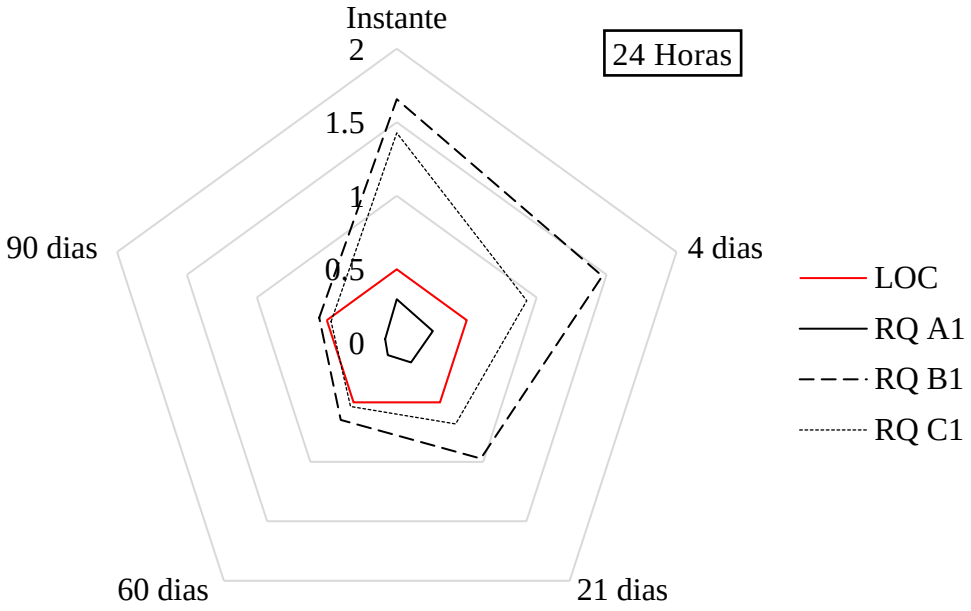


Figura 6. Evaluación de Riesgo Ambiental del Paraquat (PQ) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar sin usar FS (Factor de Seguridad), en base a la Concentración Letal media CL_{50} de 24h y una Concentración ambiental esperada (CAE) de instante a 90 días.

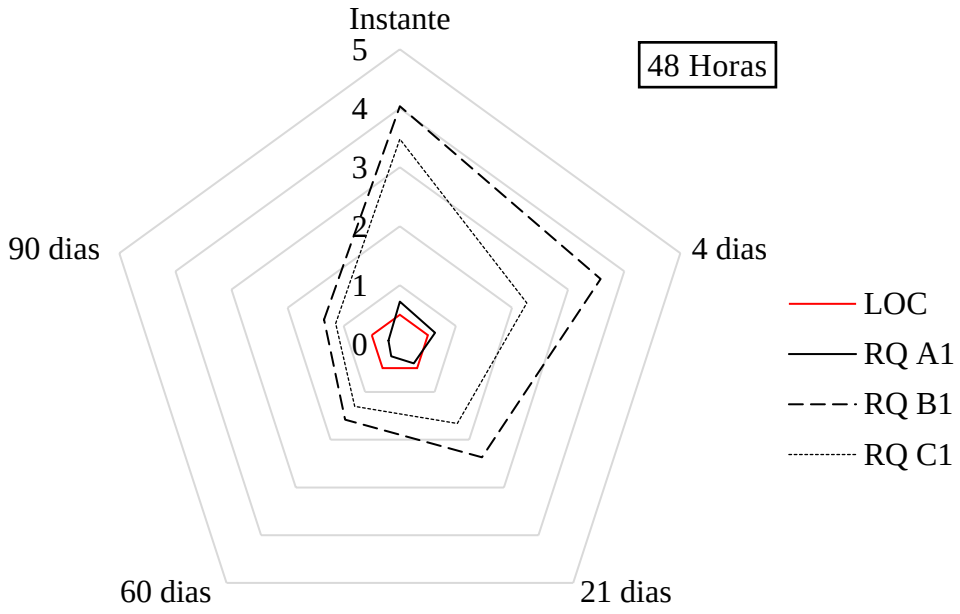


Figura 7. Evaluación de Riesgo Ambiental del Paraquat (PQ) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar sin usar FS (Factor de Seguridad), en base a la Concentración Letal media (CL_{50}) a 48h de exposición y una Concentración ambiental esperada (CAE) de instante a 90 días.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Las Figuras 8, 9, 10 y 11 muestran el resumen de las RQ en base al CL_{50} a 24h y 48h del GLY y PQ determinados en el bioensayo de mezcla. El cultivo de palta no supera el nivel crítico (LOC = 0,5) en la mayoría de los gráficos. Mientras los cultivos de café y caña de azúcar si presenta riesgo ambiental sobre *D. magna*.

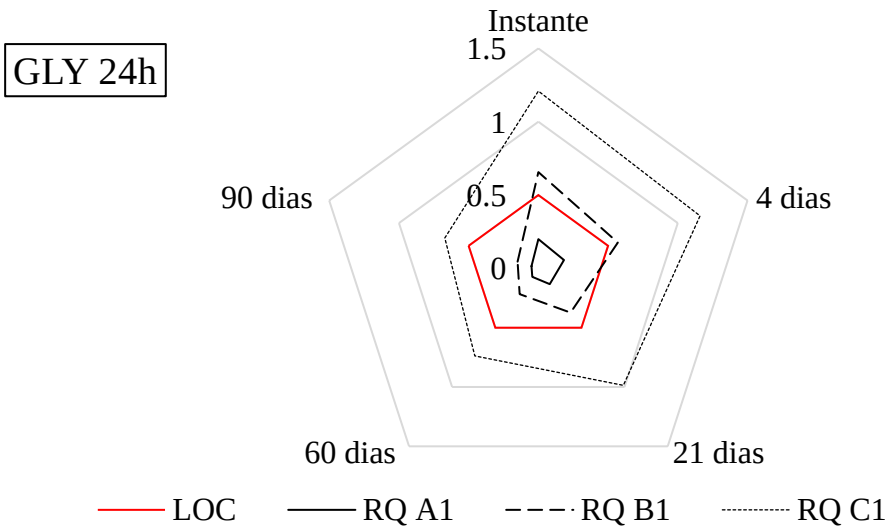


Figura 8. Evaluación de Riesgo Ambiental del glifosato (GLY) en base a la Concentración Letal media (CL_{50}) a 24h de la mezcla de GLY y paraquat (PQ) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar sin usar FS (Factor de seguridad).

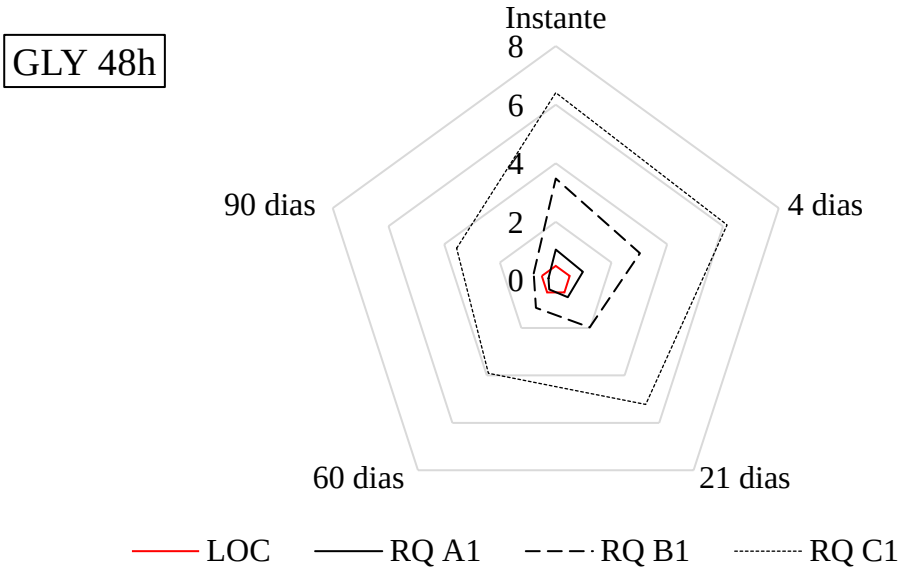


Figura 9. Evaluación de Riesgo Ambiental del glifosato (GLY) en base a la Concentración Letal media (CL_{50}) a 48h de la mezcla de GLY y paraquat (PQ) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar sin usar FS (Factor de Seguridad).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

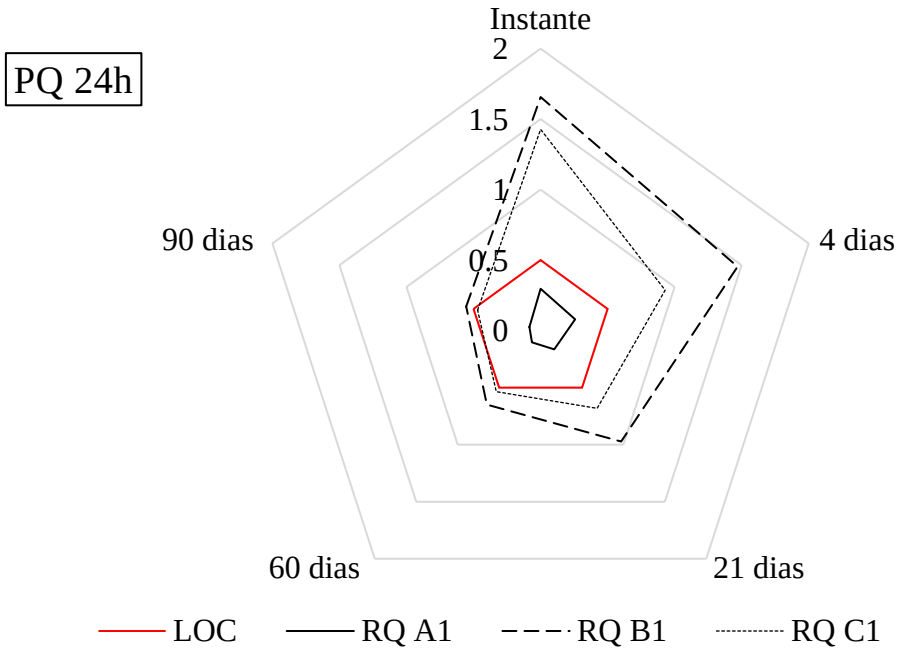


Figura 10. Evaluación de Riesgo Ambiental del paraquat (PQ) en base a la Concentración Letal media (CL_{50}) a 24h de la mezcla de glifosato (GLY) y PQ empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar sin usar FS (Factor de Seguridad).

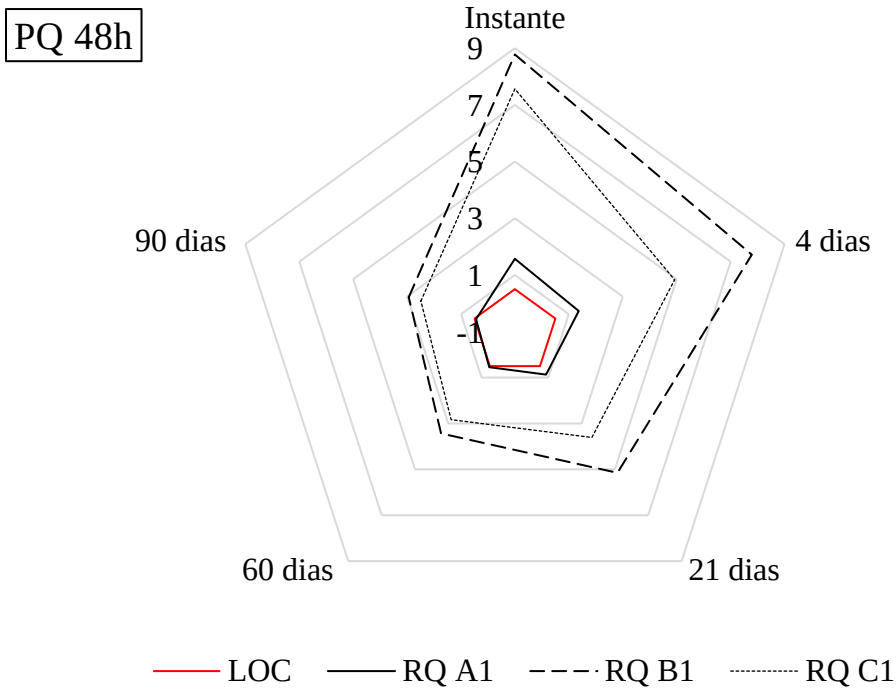


Figura 11. Evaluación de Riesgo Ambiental del paraquat (PQ) en base al CL_{50} a 48h de la mezcla de glifosato (GLY) y PQ empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar sin usar FS (Factor de Seguridad).

Escenario 2A, 2B y 2C. La ERA de GLY y PQ individualmente y en mezcla, en cultivos de Palta, Café y caña de azúcar haciendo uso del factor de seguridad (FS), se muestra en

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

las figuras 12, 13, 14 y 15. En este escenario, al hacer uso del FS se observó que el PQ y GLY de manera individual y en mezcla es un riesgo para el ambiente acuático (Anexos: Tabla 1S, 2S y 3S**)**. Debido a que superan el nivel crítico (LOC=1). Cabe resaltar que en los escenarios evaluados a medida que el tiempo de exposición se incrementa, se reduce la ERA.

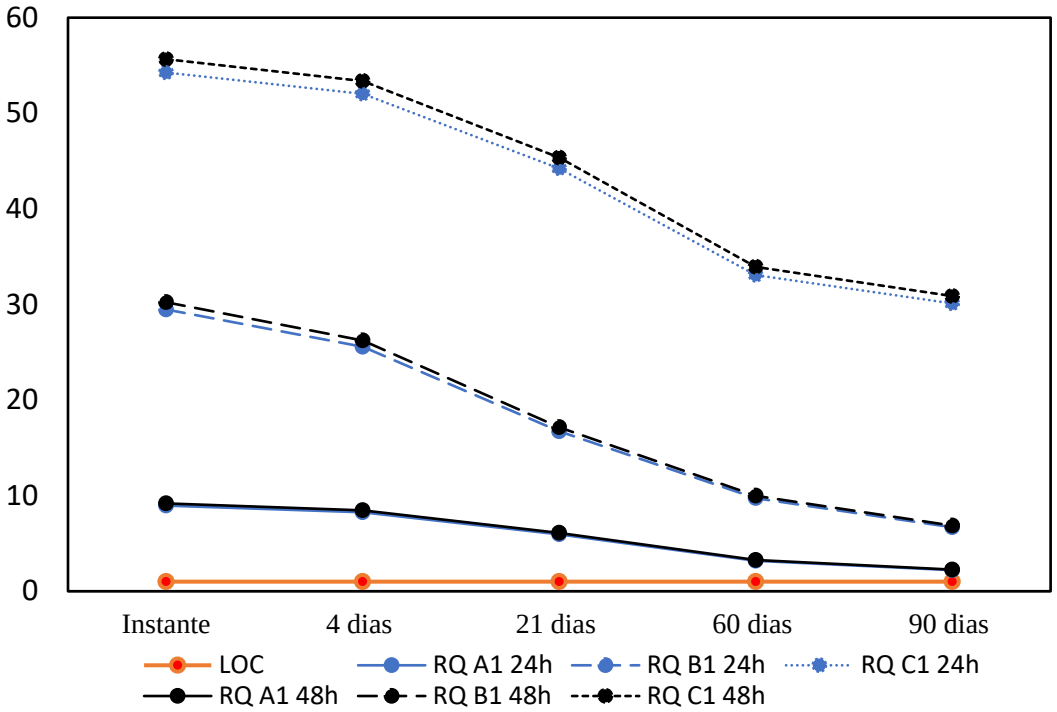


Figura 12. Evaluación de Riesgo Ambiental del Glifosato (GLY) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar usando el FS (Factor de Seguridad), en base a la Concentración Letal media (CL_{50}) de 24h y 48h de exposición y una Concentración ambiental esperada (CAE) de instante a 90 días. LOC = 1.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

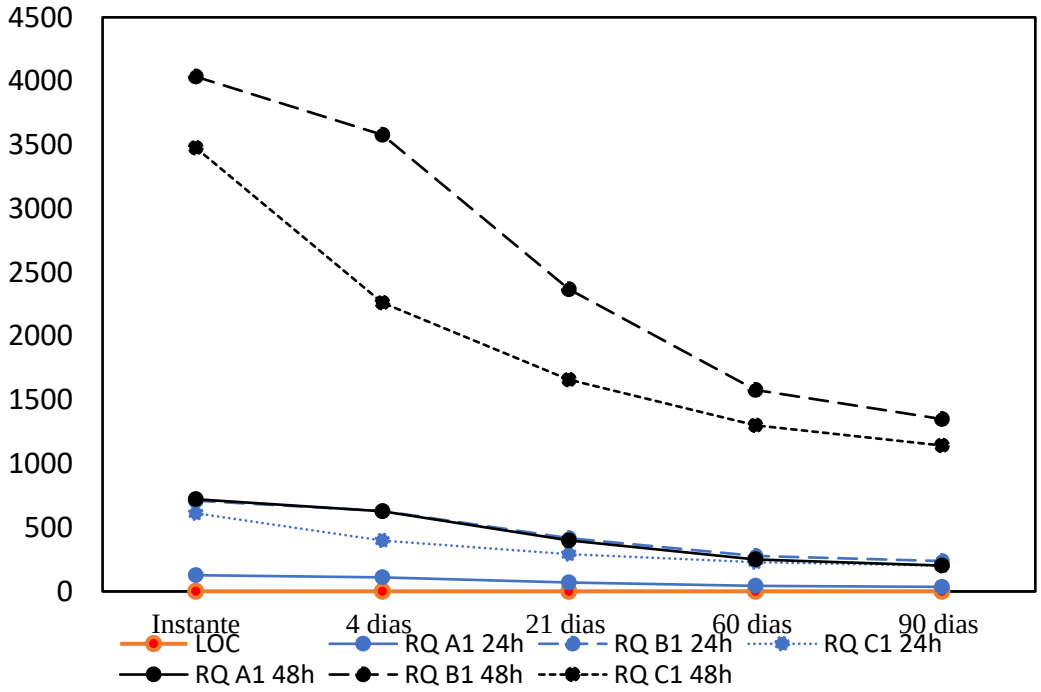


Figura 13. Evaluación de Riesgo Ambiental del Paraquat (PQ) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar usando el FS (Factor de Seguridad), en base a la Concentración Letal media (CL_{50}) de 24h y 48h de exposición y una Concentración ambiental esperada (CAE) de instante a 90 días. LOC = 1.

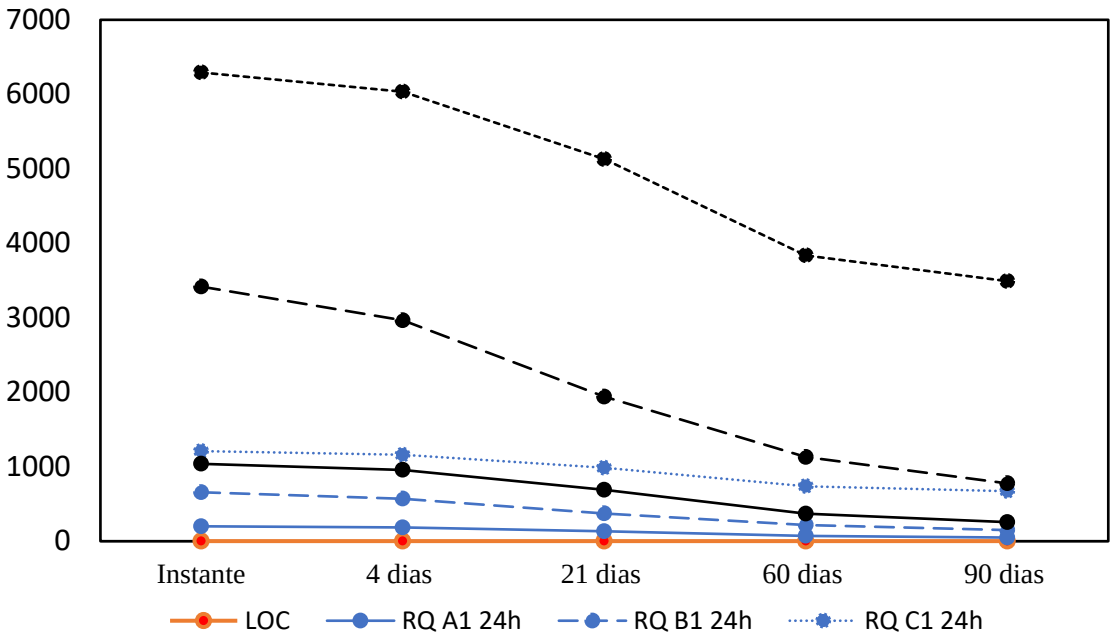


Figura 14. Evaluación de Riesgo Ambiental del glifosato (GLY) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar usando FS (Factor de seguridad). En base a la Concentración Letal media (CL_{50}) de mezcla GLY y PQ de 24h y 48h de exposición y una Concentración ambiental esperada (CAE) de instante a 90 días. LOC=1.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

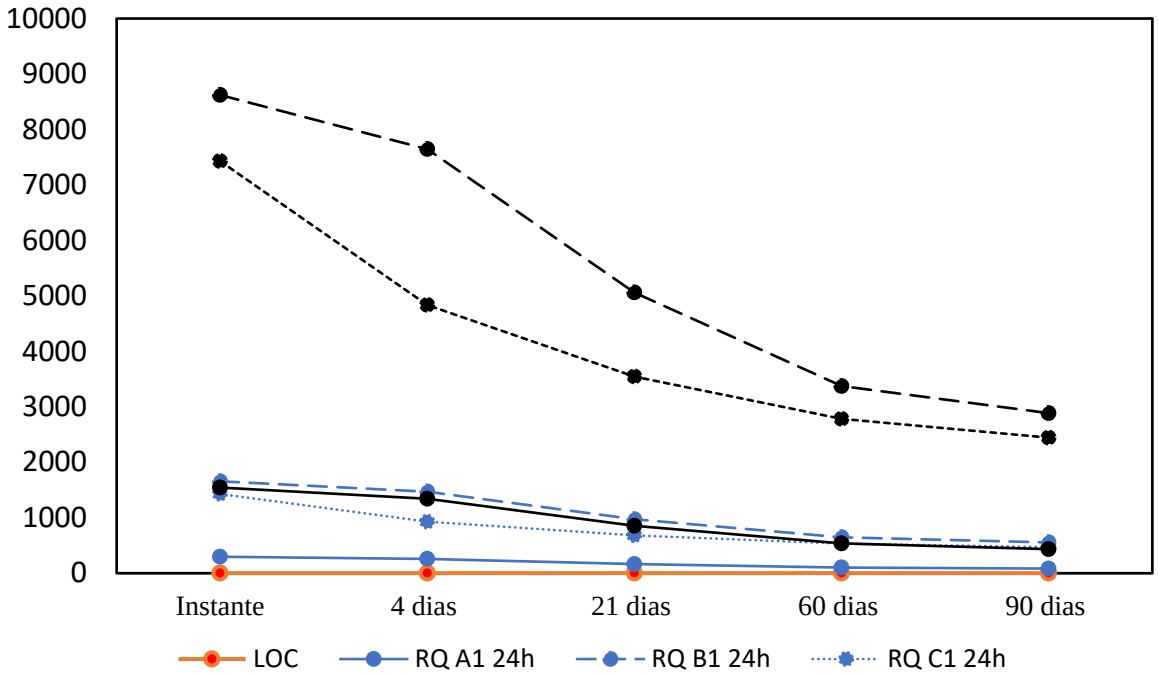


Figura 15. Evaluación de Riesgo Ambiental del paraquat (PQ) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar usando el FS (Factor de seguridad). En base a la Concentración Letal media (CL_{50}) de la mezcla de GLY y PQ a 24h y 48h de exposición y una Concentración ambiental esperada (CAE) de instante a 90 días. LOC=1.

DISCUSIÓN

Bioensayos

Daphnia magna es el micro crustáceo, más usado a nivel mundial en pruebas de toxicidad, por su gran sensibilidad a los agentes tóxicos (Barrios, *et al.* 2016; Albizzi, *et al.* 2021), generando información exacta del riesgo ambiental en el ecosistema acuático (Dellafredad-Tesén y Iannacone, 2021). Sumado a ello su fácil cultivo y reproducción asexual (partenogénesis) nos facilita el trabajo con poblaciones de características genéticas uniformes (Escobar-Chávez, *et al.* 2019; Albizzi, *et al.* 2021).

El PQ presento una alta toxicidad sobre *D. magna* con un CL_{50} a 48h de 2.850 $mg.L^{-1}$, similar a lo obtenido por Alberdi *et al. (*1994) en la evaluación de toxicidad aguda de PQ con *D. magna* donde determinó un CL_{50} igual a 6.24 $mg.L^{-1}$, dos años después (Alberdi *et al.* 1996) los mismos investigadores al realizar la comparativa de toxicidad aguda de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

dos herbicidas (PQ y GLY) determinaron un CL_{50} de 4.55 $mg.L^{-1}$ con *D. magna* y un CL_{50} igual a 2.57 $mg.L^{-1}$ para la *D. espinulata.*

La variación de CL_{50} entre lo calculado en la investigación y los autores se puede sugerir a causa de la temperatura ambiental de los bioensayos, pues para la investigación fue de 27,5 °C y la de los autores una temperatura constante de 20 °C. Della-Penna (2004) afirma que a medida que la temperatura se incrementa, la toxicidad del PQ también, lo cual explicaría la variación de la concentración letal media. Los estudios con PQ son escasos y dificulta obtener data actualizada.

El GLY por su parte presento una baja toxicidad sobre la *D. magna* con un CL_{50} a 48h de 262.12 $mg.L^{-1}$, valor cercano fueron reportados por Demetrio *et al.* (2014) quienes evaluaron los efectos de Cipermetrina, clorpirifos y GLY como ingrediente activo y formulados sobre *D. magna* obteniendo un CL_{50} de 199 $mg.L^{-1}$ para GLY. De igual manera Domínguez-Cortinas *et al.* (2007) reportan datos de CL_{50} sobre *D. magna* a 48h de una concentración de 146 $mg.L^{-1}$. Por otro lado, lo reportado por Huaraca *et al.* (2020), quienes determinaron un CL_{50} igual a 27.4 $mg.L^{-1}$ al comparar la toxicidad aguda de herbicidas basadas en glifosato sobre *D. magna.* y lo obtenido en la evaluación ecotoxicológica de las aguas contaminadas con glifosato a partir de *D. magna* donde se reportó un CL_{50} igual a 27.38 $mg.L^{-1}$ (Huaraca, 2017) difieren completamente a lo obtenido en la investigación a pesar de que la pureza de GLY utilizada en la investigación y en la de los autores fueron iguales (48% de GLY). Otros reportes de CL_{50} para GLY, con diferentes porcentajes de pureza, con *D. magna* fueron realizados por Gustinasari *et al.* (2020) registraron un CL_{50} =21,34 $mg.L^{-1}$ con GLY 36%, Spósito y Espínola-Moteldo. (2016) obtuvieron un CL_{50} =9,59 $mg.L^{-1}$ con GLY 43.5%, Demetrio *et al.* (2014) determinaron un CL_{50} =9,34 $mg.L^{-1}$ con GLY 74.4% y Cuhra *et al.* (2013) calcularon un CL_{50} =10,6 $mg.L^{-1}$ con GLY 74.4%.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Al comparar los resultados de CL_{50} obtenido y delos datos bibliográficos se evidencia menor toxicidad aguda del compuesto ensayado Fuego® (262.12 $mg.L^{-1}$), en relación a las otras marcas comerciales utilizadas en las investigaciones, lo cual evidencia que existe influencia de sustancias coadyuvantes en las formulaciones comerciales (Huaraca, 2017), la formulación del herbicida puede afectar la CL_{50} en *D. magna* (Escobar-Chávez, *et al.* 2019). Otro factor que influye en los resultados (CL_{50}) es la temperatura ambiente en la cual se desarrolló el bioensayo, siendo de 28 °C para la investigación y un rango de 20 – 22 °C para los autores.

En los bioensayos de las mezclas de PQ y GLY sobre *D. magna*, presentan un efecto sinérgico al interactuar en una solución. Pues la toxicidad de ambos se incrementa con respecto a los bioensayos individuales, lo cual se evidencia en los valores CL_{50} los cuales cambian al estar en mezcla. Resultando el PQ como el componente que contribuye en un 98% a la toxicidad de la mezcla.

El GLY en otras investigaciones ha presentado un efecto sinérgico o antagónico cuando se hallan en mezcla con otro herbicida. Stiles (2013) investigó la toxicidad crónica de mezclas de herbicidas Atrazina y GLY (Roundup®) sobre *D. magna*, obteniendo que al estar juntos disminuyen su toxicidad, es decir presentan efecto antagónico (Ramsdorf *et al.* 2021). Otros impactos adversos en ambientes acuáticos del GLY en mezcla con insecticidas fueron determinados por Martin-Demetrio (2012) quien evaluó efectos de mezclas binarias y ternarias de las formulaciones comerciales de los plaguicidas GLY, cipermetrina y clorpirifos. Los bioensayos utilizados consideraban efectos letales en exposiciones agudas sobre *D. magna*, donde obtuvo que el GLY al estar en mezcla binaria con Cipermetrina presenta efecto sinérgico, y con el clorpirifos presenta efecto antagónico.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Respecto al PQ no se encontraron investigaciones en los últimos 10 años, donde se evalué su toxicidad en mezcla con algún otro plaguicida. En la mezcla de GLY y del PQ se tomó la fracción de su propia toxicidad, con su factor de dilución de 0.5. El efecto sinérgico de estos herbicidas se puede explicar en base a otros estudios, donde el glifosato presenta efecto sinérgico con otros plaguicidas. En el presente estudio el porcentaje de contribución de muerte de la toxicidad del glifosato en mezcla es del 2%, por lo que en futuros estudios se pueden hacer ensayos de los mismos herbicidas donde el glifosato contribuya en mayor porcentaje en la mortandad, e ir evaluando si aún se observa el efecto sinérgico o varia al antagónico a medida que la concentración de glifosato usado en la mezcla se incrementa.

Evaluación del riesgo ambiental

En la ERA del GLY, obtenida sin uso de un factor de seguridad, evidenció que no existe riesgo afiliado a su uso, en los tres escenarios (palta, café y caña de azúcar) evaluados. Pero al aplicar un factor de seguridad (fs=1000) se observó que presenta riesgo ambiental para el ambiente acuático en todos los escenarios.

El GLY presenta una gran solubilidad en agua, a causa de ello se moviliza de manera fácil en ecosistemas acuáticos (Bustos, 2012). Luego de la aplicación del GLY sobre el cultivo, el herbicida se mantiene en diferentes zonas del suelo hasta que sean degradado microbiológicamente o se movilice en el agroecosistema a influencia de la lluvia, riego, viento o factores que faciliten su infiltración o escorrentía superficial (Moyano, 2015; Grandcoin *et al.*, 2017). A través de este proceso alcanza diversos ambientes contiguos presentando riesgo para la flora y la fauna local (Gonzales y Fuentes, 2022). EL GLY es un compuesto que presenta alto riesgo para el ecosistema acuático (Zirena, *et al.* 2018), lo cual se corrobora en los resultados de riesgo ambiental del GLY donde se aplicó el factor de seguridad.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Para el PQ, la ERA sin hacer uso de un factor de seguridad, indica que, si representa riesgo afiliado a su uso, en los escenarios de café y caña de azúcar, a excepción de la palta que presento riesgo ambiental acuático hasta cuatro días luego de aplicación. Pero al aplicar un factor de seguridad (fs=1000) se observó que el PQ representa un riesgo ambiental acuático en todos los escenarios.

Onwona-Kwakye (2020) afirma que el uso de PQ plantea serios riesgos potenciales agudos y crónicos para el ambiente acuático. Estos riesgos se incrementan si los ecosistemas acuáticos están adyacentes a los campos agrícolas o áreas donde se utiliza este herbicida (Moyano, 2015; Grandcoin *et al.*, 2017, Gil-Diaz *et al.* 2022). Además, el PQ presenta una vida media en agua de 2 a 820 años dependiendo del factor luz solar y la profundidad el agua (Stuart et al, 2022), mostrando su gran potencial de causar efectos adversos en el ecosistema acuático.

El PQ presenta mayor toxicidad para cladóceros respecto al GLY, por la cual representa mayor riesgo ambiental para el ecosistema acuática (Alberdi *et al*., 1996; Wong, 2000; Gagneten, 2002). Estas afirmaciones se corroboran al evaluar el riesgo ambiental con el uso de factor de seguridad (fs=1000), indicando que este factor es importante en la extrapolación de los resultados experimentales en pruebas de toxicidad (Sotelo & Iannacone, 2019, Escobar - Chávez et al., 2019).

EL PQ y GLY demostraron tener una relación sinérgica al relacionarse en mezcla. Incrementando su toxicidad entre sí, teniendo como efecto un gran riesgo ambiental acuático evaluados tanto con y sin uso del factor de seguridad (fs=1000), y en los tres escenarios. En las simulaciones de la concentración ambiental esperada (CAE) en los cultivos de palta, café y caña de azúcar se evidencio que a medida que transcurre el tiempo (0, 4, 21, 60, 60 días) esta disminuye. Asimismo, se observa que los CAE para cada

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

cultivo varían lo cual se debe a las tasas de aplicación de los herbicidas ya mencionados en la tabla 1.

Por ende, la mezcla de estos herbicidas presenta riesgo ambiental acuático, debido a sus características fisicoquímicas y las condiciones del ecosistema. Es decir, que para establecer los efectos adversos de los herbicidas PQ y GLY en el ecosistema acuático es necesario tener en cuenta el embrollo del sistema, se debe estudiar la estructura de especies, las interacciones inter e intraespecíficas y factores ambientales tales como los parámetros fisicoquímicos. La interacción de los herbicidas, factores biológicos y ambientales determinan si la contaminación se reduce o incrementa en ecosistemas acuáticos (Gagneten, 2002; Badii *et al.* 2005; Reyes y Cano, 2022).

La tasa de ampliación recomendada de GLY es de 0.96, 1.5 y 1.92 (0.768) Kg/Ha para palto, café y caña de azúcar respectivamente, si se considera como valor estándar que por cada hectárea se utiliza 200L de agua para su aplicación a través de aire comprimido (fumigación), se obtiene que al área agrícola se vierte las siguientes concentraciones de GLY 4800 mg/L^{-1}, 7500 mg/L^{-1} y 9600(3840) mg/L^{-1} cada cierto periodo. Para PQ la tasa de aplicación es de 0.138, 0.552 y 0.966 Kg/Ha para palto, café y caña de azúcar respectivamente siendo concentraciones de 690 mg/L^{-1}, 2760 mg/L^{-1} y 4830 mg/L^{-1} los cuáles a través de diversos factores llegan al sistema acuático, en la cual la CL_{50} para el GLY y PQ es de 262.12 mg/L^{-1} y 2.850 mg/L^{-1} si se presentan de manera individual, si estos herbicidas interactúan en el agua su CL_{50} disminuye a 2,278 mg/L^{-1} para el GLY y 1.3340 mg/L^{-1} para el PQ, evidenciando el gran riesgo de contaminación.

Por ende, la ERA en ambiente acuático obtenida a través del método cociente de riesgo (RQ) demostró que sí existe riesgo del GLY y PQ, en mezcla, sobre D. *magna* en el sistema acuático, pues RQ calculado superó el valor del nivel crítico LOC. La existencia de riesgo ambiental fue determinada tanto con el uso de FS y sin el uso de esta.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

El uso GLY y PQ combinados es un gran riesgo ambiental para el ambiente acuático, por la cual existe probabilidades de que los personas, animales y plantas estén expuestos a una contaminación indirecta, directa o por la magnificación biológica (bioacumulación). La presente investigación brinda data sobre los efectos toxicológicos en el ambiente acuático, inferida a partir de pruebas toxicológicas en cladóceros, abriendo camino a futuras investigaciones donde existan interacciones entre los herbicidas GLY y PQ en diversos ambientes, puede ser terrestres como zonas agrícolas, zonas urbanas, etc. Además, representa un aporte en conocimiento respecto a la problemática ambiental causada por uso indiscriminado de plaguicidas en general, en la práctica los agrícolas se realizan un sin fin de combinaciones sin conocer las consecuencias y los impactos que generan a nivel ambiental y social.

CONCLUSIONES

Según el estudio se evaluó los bioensayos ecotoxicologicos de los herbicidas GLY y PQ de manera individual y en mezcla, obteniendo lo siguiente: El GLY al evaluarse individualmente demostró que presenta un efecto tóxico sobre *D. magna,* siendo el valor de la CL_{50} de 269.08 $mg \cdot L^{-1}$ a 24h, y 262.12 $mg \cdot L^{-1}$ a 48h de exposición. El PQ al evaluarse individualmente, demostró que presenta un efecto tóxico letal sobre *D. magna,* con una CL_{50} de 16.170 $mg \cdot L^{-1}$ a 24h, y 2.850 $mg \cdot L^{-1}$ a 48h de exposición.

Al contrastar las consecuencias de los dos herbicidas de manera individual sobre *D. magna,* se evidencio que PQ>GLY, debido a que mostró un efecto tóxico superior (mortalidad e inmovilización) que el causado por el GLY.

El GLY al evaluarse en mezcla mostró que presenta un efecto tóxico sobre *D. magna,* siendo el valor de la CL_{50} de 12.072 $mg \cdot L^{-1}$ a 24h, y 2.320 $mg \cdot L^{-1}$ a 48h de exposición.

El PQ al evaluarse en mezcla demostró que presenta un efecto tóxico sobre D. *magna,*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

siendo el valor de la CL_{50} de 6.941 $mg \cdot L^{-1}$ a 24h, y 1.3340 $mg \cdot L^{-1}$ a 48h de exposición. Al contrastar las consecuencias de los dos herbicidas en mezcla sobre *D. magna*, se demostró que, PQ es más nocivo que el GLY, debido a que presentó valores de CL_{50} inferiores al del GLY. Del mismo modo, se demostró que presentan un efecto sinérgico entre los herbicidas evaluados, pues mostraron una mayor toxicidad cuando interactúan en mezcla que cuando se encuentran de manera individual.

Por otro lado, la ERA en ambiente acuático prevista a través el método cociente de riesgo (RQ) demostró que sí existe riesgo del GLY y PQ, en mezcla, sobre *D. magna* en el sistema acuático, pues el RQ calculado supero el nivel crítico LOC. La existencia de riesgo ambiental fue determinada tanto con el uso de FS y sin el uso de esta.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

REFERENCIAS.

Agudelo, E. A., Gaviria-Restrepo, L. F., Barrios-Ziolo, L. F., & Cardona-Gallo, S.-A. (2018). Techniques to determine toxicity in industrial wastewater contaminated with dyes and pigments. *Dyna*, *85*(207), 316–327.

Alberdi, J.L., Di Marzio, W.D., Sáenz, M.E. y Tortorelli, M.C. (1994). Toxicidad aguda de un formulado de paraquat *Daphnia spinulata y Daphnia magna. Laboratorio de ecotoxicología.* 1 y 2 (10-28).

Alberdi, J.L., Sáenz, M.E., Di Mazio, W.D., Tortorelli, M.C., *(*1996). Comparative acute toxicity of two herbicides, paraquat and glyphosate, to *Daphnia magna* and *D. spinulata*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 57, pp.229–235.

Albizzi, A., Diodato, S. y Gonzalez Garraza, G. (2021). El uso de bioensayos crónicos en Daphnia magna para la evaluación ambiental de un arroyo urbano en Tierra del Fuego (Argentina). *Ecología austral,* 31(2), 277-288.

Albizzi, A., Diodato, S., & Gonzalez Garraza, G. (2021). Evaluación ambiental de un arroyo urbano en Tierra del Fuego (Argentina). *Ecología Austral*, 31, 277–288.

Arrázola-Vásquez, E. M., & Iannacone, J. (2021). Evaluation of the environmental risk of the mix of alpha-cypermethrin and imidacloprid on the earthworm (*Eisenia fetida) (Savigny, 1826). The Biologist (Lima), 19*(1), 111–124.

Badii, M., Garza, R., Garza, V. y Landeros, J. (2005). Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados. *CULCyT. 2:6.*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Barrios Ziolo, L. B., Gaviria Restrepo, L. F., Agudelo, E. A., y Cardona Gallo, S. A. (2016). estudio de la toxicidad asociada al vertimiento de aguas residuales con presencia de colorantes y pigmentos en el área metropolitana del Valle de Aburra. *Revista EIA.* https://doi.org/10.24050/reia.v13i26.742

Burga, K., Visitación, L., & Chire, T. (2009). Evaluación ecotoxicológica de pesticidas organofosforados sobre *Daphnia magna*. *Anales científicos UNALM, 70*(2), 11–18.

Bustos, M.C. (2012). *Destino ambiental del glifosato en una zona arrocera del Tolima, Colombia.* (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de Colombia.

Caja, A.V. (2020). *Evaluación del riesgo ambiental acuático de petróleo crudo en: Lemna minor (GRIFF), Daphnia magna (STRAUS) y Danio rerio (HAMILTON-BUCHANAN).* (Tesis pregrado). Universidad Científica del Sur.

Castillo, B., Ruiz, J.O., Manrique, M.A.L. y Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Revista Espacios*, 41(10).

Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Bravo, S. P., Solis, L., & Geraud, F. (2020). Insecticides and agricultural pest control: the magnitude of its use in crops in some provinces of Ecuador. *Ciencia Tecnología Agropecuaria, 21*(1), e1276.

Cuhra, M., Traavik, T. y Bøhn, T. (2013). Clone- and age-dependent toxicity of a glyphosate commercial formulation and its active ingredient in *Daphnia magna. Ecotoxicology* 22:251–262.

Della-Penna, A.B. (2004). Impacto del herbicida paraquat sobre invertebrados acuáticos. [Tesis de maestría]. Universidad de Buenos Aires.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Dellafredad-Tesén, C. N., & Innacone, J. A. (2021). Efecto Ecotoxicológico de la Mezcla de Aroclor 1254 y Plomo en el Bioindicador *Daphnia magna. Revista lasallista de investigacion*, 18(2), 144-161. https://doi.org/10.22507/rli.v18n2a11

Demetrio, P.M., Bonetto, C. y Ronco, A.E. (2014). The effect of Cypermethrin, Chlorpyrifos, and Glyphosate Active Ingredients and Formulations on *Daphnia magna (Straus). Bull Environ Contam Toxicol (*2014) 93:268–273.

Domínguez-Cortinas, G., Saavedra, J. Mejía, Santos-Medrano, G. E. and Rico-Martínez, Roberto (2007) Analysis of the toxicity of glyphosate and Faena® using the freshwater invertebrates *Daphnia magna* and *Lecane quadridentata'*, *Toxicological & Environmental Chemistry*, *90*, 377 – 384.

Escobar-Chávez, C., Alvariño, L., & Iannacone, J. (2019). Evaluation of the aquatic environmental risk of the mixture of the pesticides imidacloprid (insecticide) and propineb (fungicide) in *Daphnia magna Straus, 1820. Paidela XXI*, *9*(2), 301–332.

Gagneten, A. M. (2002). Efectos del herbicida Paraquat sobre el zooplancton. *Iheringia Série Zoologia*, 92(3), 47–56.

Gil-Diaz, D., Navarrete, G. Castañeda, MR, Galaviz, I. y Sosa, C. (2022). Paraquat's herbicide acute toxicity in *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) and *Macrobrachium olfersii* (Palaemonidae). Acta biológica Colombiana, 6, n.2, 178-185.

Gonzalez-Ortega, E., y Fuentes-Ponce, M. H. (2022). Dynamics of glyphosate in soil and its effects on microbiota. *Revista internacional de contaminación Ambiental*, 38.

Grandcoin, A., Piel, S., y Baurès, E. (2017). Amino Methyl Phosphonic acid (AMPA) in natural waters: Its sources, behavior and environmental fate. *Water Research*, *117*, 187–197.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Gronerth-Acuña, P. E. (2020). *Determinación de la concentración del contaminante emergente (Glifosato) en la especie ictiológica predominante del tramo bajo del río Shilcayo, provincia y departamento de San Martín 2020* (Tesis Pregrado), Universidad Cesar Vallejo.

Gustinasari, K., Slugocki, L., Czerniawski, R., Pandebesie, E.S. y Hermana, J. (2020). Acute toxicity and morphology alterations of glyphosate-based herbicides to *Daphnia magna* and *Cyclops vicinus*. *Toxicological Research 37*, 197–207.

Huaraca, L.F. (2017). Evaluación ecotoxicologica de aguas contaminadas con glifosato a partir de los bioindicadores *Daphnia magna y Artemia Salina* [Tesis Pregrado]. Escuela Politécnica Nacional.

Huaraca, L.F., Chamorro, S.A., Hernández, V., Bay-Schmith, E., y Villamar, C.A. (2020). Comparative acute toxicity of glyphosate-based herbicide (GBH) to *Daphnia magna. Tisbe longicornis, and Emerita analoga, Journal of Environmental Science and Health,* Part B, DOI: 10.1080/03601234.2020.1758497

Iannacone, J., Alvariño, L., & Mamani, N. (2011). Estimación de la Toxicidad Combinada de Mezclas de Furadán 4F ® y Monofos ® sobre *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, *6*(1), 23–29.

Iannacone, J., Alvariño, L., Paredes, C., & Ayala, H. (2012). Acute and chronic toxicity of phenyl quinoline on water flea *Daphnia magna*. *The Biologist (Lima), 10(*1), 24–33.

Martin-Demetrio, P. (2012). *Estudio de efectos biológicos de plaguicidas utilizados en cultivos de soja RR y evaluación de impactos adversos en ambientes acuáticos de*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

agroecosistemas de la región pampeana. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de La Plata.

Mendoza-Gil, L. y Iannacone, J. (2021). Ecotoxic assessment of soils contaminated with municipal waste from a dump in Eisenia fétida. *Ciencia del suelo.* 39(2).

Moyano, E. (2015). *Estudio de los efectos del herbicida Triasulfurón sobre la estructura y composición de la microbiota edáfica en suelos enmendados con materia orgánica.* (Tesis Maestría) Universidad de Salamanca. Salamanca, España.

Neumeister, L., & Isenring, R. (2011). Paraquat. riesgos inaceptables para la salud de los usuarios (3ra ed.; D. de Berna, Ed.). PAN Asia y Pacífico (PANAP). Red de Acción en Plaguicidas UK (PAN UK).

Onwona-Kwakye, M., Hogarh, J.N. y Van den Brink, P.J. (2020). Environmental risk assessment of pesticides currently applied in Ghana. *Chemosphere*, *254*, 126845.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). (2012). Test guideline No. 211: Daphnia magna Reproduction Test. Recuperado de: https://read.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-211-daphnia-magna-reproduction-test_9789264185203-en#page1

Oyarce, F.*G.* y Rodríguez, J. (2021). *Influencia en la contaminación por plaguicidas en la calidad de suelo de cultivo de arroz en el distrito de Cacatachi, Provincia de San Martín*. (Tesis Pregrado). Universidad César Vallejo.

Ramsdorf, W.A., Bordin, E.R., Munhoz, R.C., Puncholobek, P. y Freitas, A.M. (2021). Transgenerational Effects of Environmentally Relevant Concentrations of

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Atrazine and Glyphosate Herbicides, Isolated and in Mixture, to Freshwater Microcrustacean *Daphnia Magna*. *Research Square*. 1-22.

Reyes, S.E. y Cano, D.M. (2022). Effects of intensive agriculture and climate change on biodiversity. *Revista investigaciones Altoandinas, 24*, 53-64.

Salazar-Lopez, N. J., & Aldana-Madrid, M. L. (2011). Glyphosate herbicide: uses, toxicity and regulation. *Revista de Ciencias Biologicas y de La Salud, XIII* (2), 23–28.

Sánchez, M. (2019). *Evaluación de la toxicidad y riesgo ambiental por dos contaminantes emergentes, diclofenaco e ibuprofeno, en organismos bioindicadores del ecosistema dulceacuícola: Daphnia Magna (pulga de agua), Lemna gibba (lenteja de agua) y Paracheirodon Innesi (pez tetra neón), para la estimación de estándares de calidad ambiental*. (tesis pregrado). Universidad Cientificca del Sur.

Sasal, M. C., Wilson, M. G., Sione, S. M., Beghetto, S. M., Gabioud, E. A., Oszust, J. D., Paravani, E.V.; Demonte, M.R.; Bedendo, D.J.; Medero, S.L.; Goette, J.J.; Pautasso, N. y Schulz, G. A. (2017). Monitoreo de glifosato en agua superficial en Entre Ríos. La investigación acción participativa como metodología de abordaje. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, 43*(2), 195–205.

Spósito, M. y Espínola-Moteldo, J.C. (2016). In vitro assessment of toxic effects of a commercial formulation ammonium salt of glyphosate over five species representing different trophic levels and hábitats. *Innotec. 12*, 48-53.

Stiles, J.A. (2013). *Toxicity of Herbicide Mixtures: Atrazine and Roundup® Toxicity to Daphnia Magna.* [Honors Thesis]. Western Washington University.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Stuart, A.M., Merfield, C.N., Horgan, F.G., Willis, S., Watts, M., Ramírez-Muñoz, F., Sánchez, J., Utyasheva, L., Eddlestone, M. Davis, M., Neumister, L., Sanou, M. y Williamson, S. (2022). Agriculture without paraquat is feasible without loss of productivity. Lessons learned from phasing out a highly hazardous herbicide. *Research Square.* https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1955952/v1

Thi Hue, N., Nguyen, T. P. M., Nam, H., & Hoang Tung, N. (2018). Paraquat in surface water of some streams in mai chau province, the northern Vietnam: concentrations, profiles, and human risk assessments. *Journal of Chemistry, 2018*, 1-8.

Viales-López, G. (2014). Intoxicación por Paraquat. *Medicina legal de Costa Rica*, *31*(2), 1-7.

Wong, P. K. (2000). Effects of 2,4-D, glyphosate and paraquat on growth, photosynthesis and chlorophyll-a synthesis of *Scenedesmus quadricauda* Breb. *Chemosphere*, *41*(1-2):177-182.

Zirena-Vilca, F., Gosgot-Angeles, W., Campos-Quiroz, C. N., & Zamalloa-Cuba, W. A. (2018). Glyphosate in water bodies: environmental problem. *Revista de Investigacion Altoandino*, *20*(3), 325–332.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXOS

Tabla 1S. Determinación de Riesgo Ambiental del glifosato (GLY) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de Palta, Café y Caña de Azúcar con FS (Factor de Seguridad).

	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
PALTA	269.08	Instante	2.41	0.27	8.96	1	SI
	269.08	4 días	2.22	0.27	8.25	1	SI
	269.08	21 días	1.60	0.27	5.95	1	SI
	269.08	60 días	0.86	0.27	3.18	1	SI
	269.08	90 días	0.59	0.27	2.20	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	262.34	Instante	2.41	0.26	9.19	1	SI
	262.34	4 días	2.22	0.26	8.46	1	SI
	262.34	21 días	1.60	0.26	6.10	1	SI
	262.34	60 días	0.86	0.26	3.26	1	SI
	262.34	90 días	0.59	0.26	2.26	1	SI
	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
CAFÉ	269.08	Instante	7.93	0.27	29.47	1	SI
	269.08	4 días	6.88	0.27	25.57	1	SI
	269.08	21 días	4.5	0.27	16.72	1	SI
	269.08	60 días	2.62	0.27	9.74	1	SI
	269.08	90 días	1.8	0.27	6.69	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	262.34	Instante	7.93	0.26	30.23	1	SI
	262.34	4 días	6.88	0.26	26.23	1	SI
	262.34	21 días	4.5	0.26	17.15	1	SI
	262.34	60 días	2.62	0.26	9.99	1	SI
	262.34	90 días	1.8	0.26	6.86	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
CAÑA DE AZUCAR	269.08	Instante	14.6	0.27	54.26	1	SI
	269.08	4 días	14	0.27	52.03	1	SI
	269.08	21 días	11.9	0.27	44.22	1	SI
	269.08	60 días	8.9	0.27	33.08	1	SI
	269.08	90 días	8.1	0.27	30.10	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	262.34	Instante	14.6	0.26	55.65	1	SI
	262.34	4 días	14	0.26	53.37	1	SI
	262.34	21 días	11.9	0.26	45.36	1	SI
	262.34	60 días	8.9	0.26	33.93	1	SI
	262.34	90 días	8.1	0.26	30.88	1	SI

Exposición = CAE = Concentración Ambiental prevista. CR = cociente de riesgo = Exposición/Toxicidad. Factor de seguridad = 1000 para CL_{50}. LOC = nivel crítico.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 2S. Determinación de Riesgo Ambiental del paraquat (PQ) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de Palta, Café y Caña de Azúcar con FS (Factor de Seguridad).

	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
PALTA	16.17	Instante	2.06	0.02	127.40	1	SI
	16.17	4 días	1.79	0.02	110.70	1	SI
	16.17	21 días	1.14	0.02	70.50	1	SI
	16.17	60 días	0.715	0.02	44.22	1	SI
	16.17	90 días	0.578	0.02	35.75	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	2.85	Instante	2.06	0.00	722.81	1	SI
	2.85	4 días	1.79	0.00	628.07	1	SI
	2.85	21 días	1.14	0.00	400.00	1	SI
	2.85	60 días	0.715	0.00	250.88	1	SI
	2.85	90 días	0.578	0.00	202.81	1	SI
	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
CAFÉ	16.17	Instante	11.5	0.02	711.19	1	SI
	16.17	4 días	10.2	0.02	630.80	1	SI
	16.17	21 días	6.75	0.02	417.44	1	SI
	16.17	60 días	4.5	0.02	278.29	1	SI
	16.17	90 días	3.85	0.02	238.10	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	2.85	Instante	11.5	0.00	4035.09	1	SI
	2.85	4 días	10.2	0.00	3578.95	1	SI
	2.85	21 días	6.75	0.00	2368.42	1	SI
	2.85	60 días	4.5	0.00	1578.95	1	SI
	2.85	90 días	3.85	0.00	1350.88	1	SI
	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
CAÑA DE AZUCAR	16.17	Instante	9.91	0.02	612.86	1	SI
	16.17	4 días	6.45	0.02	398.89	1	SI
	16.17	21 días	4.73	0.02	292.52	1	SI
	16.17	60 días	3.71	0.02	229.44	1	SI
	16.17	90 días	3.26	0.02	201.61	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	2.85	Instante	9.91	0.00	3477.19	1	SI
	2.85	4 días	6.45	0.00	2263.16	1	SI
	2.85	21 días	4.73	0.00	1659.65	1	SI
	2.85	60 días	3.71	0.00	1301.75	1	SI
	2.85	90 días	3.26	0.00	1143.86	1	SI

Exposición = CAE = Concentración Ambiental prevista. CR = cociente de riesgo = Exposición/Toxicidad. Factor de seguridad = 1000 para CL_{50}. LOC = nivel crítico

Tabla 3S. Determinación de Riesgo Ambiental para la mezcla de glifosato (GLY) y paraquat (PQ) empleando a *Daphnia magna* en cultivo de palta, café y caña de azúcar con FS (Factor de Seguridad).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

	GLIFOSATO						
PALTA	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	12.072	Instante	2.41	0.01	199.64	1	SI
	12.072	4 días	2.22	0.01	183.90	1	SI
	12.072	21 días	1.60	0.01	132.54	1	SI
	12.072	60 días	0.86	0.01	70.91	1	SI
	12.072	90 días	0.59	0.01	49.12	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	2.320	Instante	2.41	0.00	1038.79	1	SI
	2.320	4 días	2.22	0.00	956.90	1	SI
	2.320	21 días	1.60	0.00	689.66	1	SI
	2.320	60 días	0.86	0.00	368.97	1	SI
	2.320	90 días	0.59	0.00	255.60	1	SI
CAFÉ	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	12.072	Instante	7.93	0.01	656.89	1	SI
	12.072	4 días	6.88	0.01	569.91	1	SI
	12.072	21 días	4.5	0.01	372.76	1	SI
	12.072	60 días	2.62	0.01	217.03	1	SI
	12.072	90 días	1.8	0.01	149.11	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	2.320	Instante	7.93	0.00	3418.10	1	SI
	2.320	4 días	6.88	0.00	2965.52	1	SI
	2.320	21 dias	4.5	0.00	1939.66	1	SI
	2.320	60 días	2.62	0.00	1129.31	1	SI
	2.320	90 días	1.8	0.00	775.86	1	SI
CAÑA DE AZUCAR	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	12.072	Instante	14.6	0.01	1209.41	1	SI
	12.072	4 días	14	0.01	1159.71	1	SI
	12.072	21 días	11.9	0.01	985.75	1	SI
	12.072	60 días	8.9	0.01	737.24	1	SI
	12.072	90 días	8.1	0.01	670.97	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	2.320	Instante	14.6	0.00	6293.10	1	SI
	2.320	4 días	14	0.00	6034.48	1	SI
	2.320	21 días	11.9	0.00	5129.31	1	SI
	2.320	60 días	8.9	0.00	3836.21	1	SI
	2.320	90 días	8.1	0.00	3491.38	1	SI

	PARAQUAT						
PALTA	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	6.941	Instante	2.06	0.01	296.79	1	SI

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

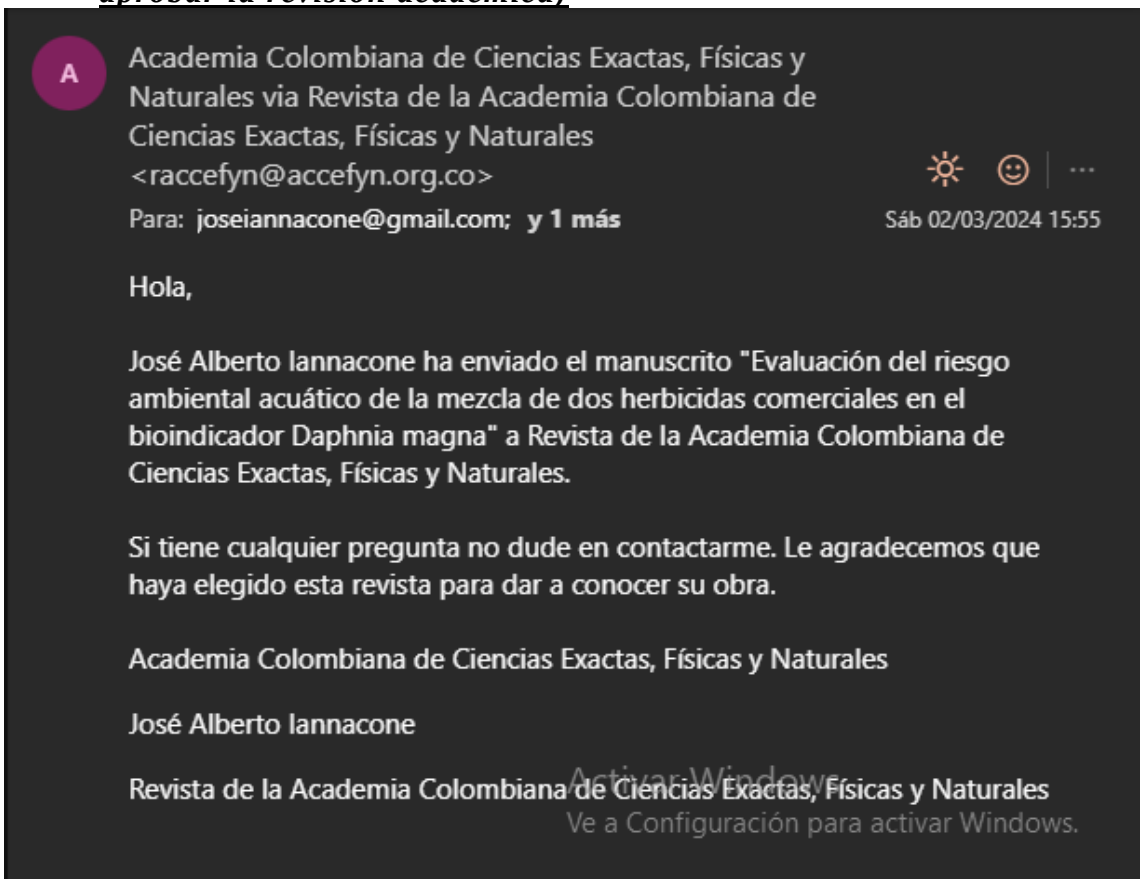
TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CAFÉ	6.941	4 días	1.79	0.01	257.89	1	SI
	6.941	21 días	1.14	0.01	164.24	1	SI
	6.941	60 días	0.715	0.01	103.01	1	SI
	6.941	90 días	0.578	0.01	83.27	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	1.334	Instante	2.06	0.00	1544.23	1	SI
	1.334	4 días	1.79	0.00	1341.83	1	SI
	1.334	21 días	1.14	0.00	854.57	1	SI
	1.334	60 días	0.715	0.00	535.98	1	SI
	1.334	90 días	0.578	0.00	433.28	1	SI
	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	6.941	Instante	11.5	0.01	1656.82	1	SI
	6.941	4 días	10.2	0.01	1469.53	1	SI
	6.941	21 días	6.75	0.01	972.48	1	SI
	6.941	60 días	4.5	0.01	648.32	1	SI
	6.941	90 días	3.85	0.01	554.68	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	1.334	Instante	11.5	0.00	8620.69	1	SI
	1.334	4 días	10.2	0.00	7646.18	1	SI
	1.334	21 días	6.75	0.00	5059.97	1	SI
	1.334	60 días	4.5	0.00	3373.31	1	SI
	1.334	90 días	3.85	0.00	2886.06	1	SI
	CL_{50} 24h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
CAÑA DE AZUCAR	6.941	Instante	9.91	0.01	1427.75	1	SI
	6.941	4 días	6.45	0.01	929.26	1	SI
	6.941	21 días	4.73	0.01	681.46	1	SI
	6.941	60 días	3.71	0.01	534.51	1	SI
	6.941	90 días	3.26	0.01	469.67	1	SI
	CL_{50} 48h ($mg.L^{-1}$)	CAE ($mg.L^{-1}$)		CSEP	RQ	LOC	Riesgo
	1.334	Instante	9.91	0.00	7428.79	1	SI
	1.334	4 días	6.45	0.00	4835.08	1	SI
	1.334	21 días	4.73	0.00	3545.08	1	SI
	1.334	60 días	3.71	0.00	2781.11	1	SI
	1.334	90 días	3.26	0.00	2443.78	1	SI

Exposición = CAE = Concentración Ambiental prevista. CR = cociente de riesgo = Exposición/Toxicidad. Factor de seguridad = 1000 para CL50. LOC = nivel crítico

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Evidencia del envío a revista científica (Carta o e mail de envío tras aprobar la revisión académica)



A

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales via Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales <raccefyn@accefyn.org.co>

Para: joseiannacone@gmail.com; **y 1 más**

Sáb 02/03/2024 15:55

Hola,

José Alberto Iannacone ha enviado el manuscrito "Evaluación del riesgo ambiental acuático de la mezcla de dos herbicidas comerciales en el bioindicador Daphnia magna" a Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactarme. Le agradecemos que haya elegido esta revista para dar a conocer su obra.

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

José Alberto Iannacone

Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Copia de carta de aprobación académica (Carrera)

Copia de documento de aprobación de comité de ética (DGIDI o revista)

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Constancia N° 163-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2021

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** (reunión ordinaria del 21 de diciembre de 2021).

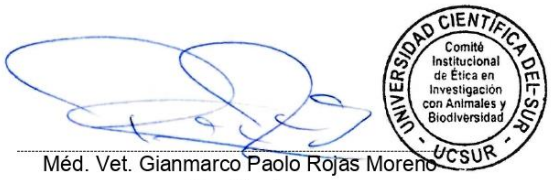
Código de registro:	**734-2021-PRE11**
Título:	**Evaluación del riesgo ambiental acuático de la mezcla de dos herbicidas comerciales en el bioindicador *Daphnia magna***
Investigador(a):	**Maximiliano Susanivar Agustin**

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 02 de julio del 2023**), 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, 03 de enero de 2022



Méd. Vet. Gianmarco Paolo Rojas Moreno
Presidente
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

Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis (Carrera)

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 018 -2022-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 31 de enero del 2022

VISTO:
El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: ***"EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL ACUÁTICO DE LA MEZCLA DE DOS HERBICIDAS COMERCIALES EN EL BIOINDICADOR Daphnia magna"***, presentado por:

- **Maximiliano Susanivar Agustin**

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: ***"EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL ACUÁTICO DE LA MEZCLA DE DOS HERBICIDAS COMERCIALES EN EL BIOINDICADOR Daphnia magna"*** 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,

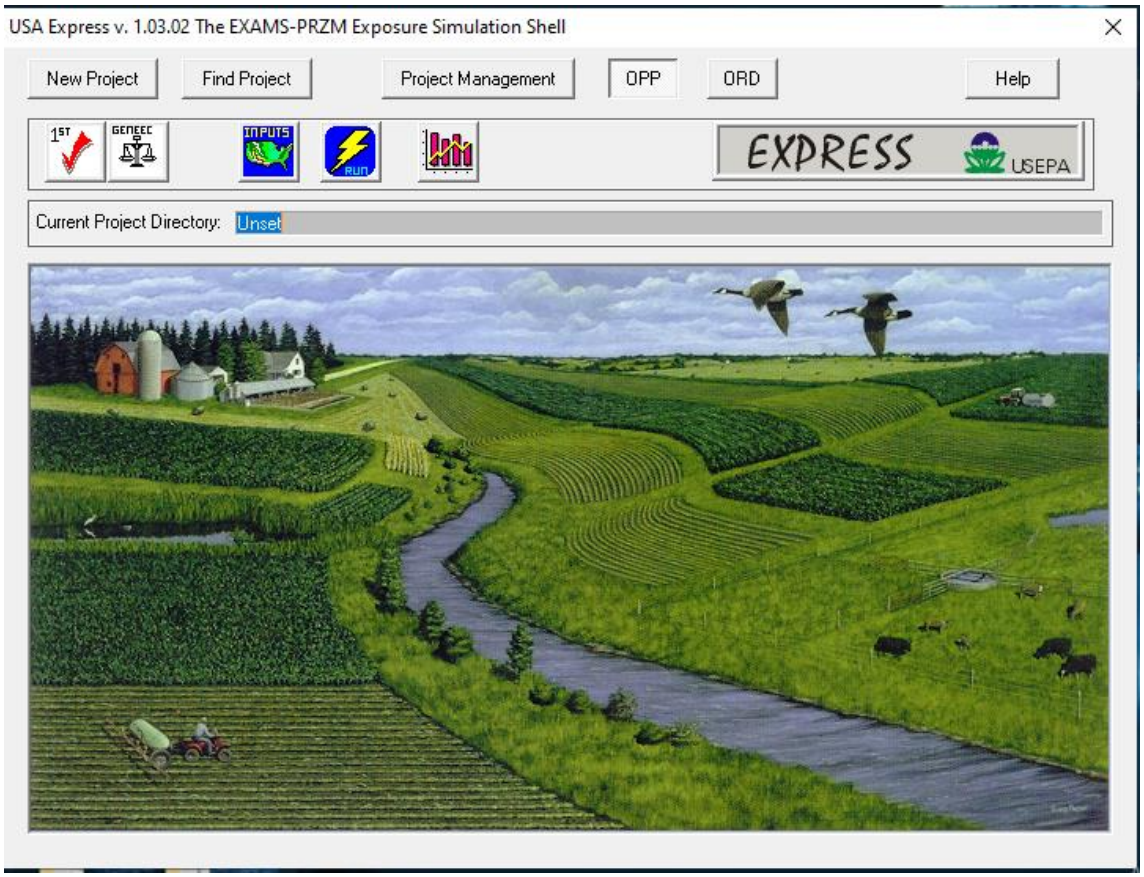
Dr. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

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

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Instrumentos usados en la investigación y demás información de utilidad



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis