



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EFECTO ECOTOXICOLÓGICO DE LA MEZCLA DE AROCLOR 1254 Y PLOMO  
EN EL BIOINDICADOR *DAPHNIA MAGNA STRAUSS*, 1820”

Tesis para optar el título de:  
INGENIERO(A) AMBIENTAL

Presentado por:  
Carlos Nicolás Dellafredad Tesén

Asesor:  
José Alberto Iannacone Oliver

Lima – Perú

2019

## COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 18 de noviembre de 2019.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Danae Marcela Liviac Muñoz
Integrante: Dra. Susan Mery Medina Canzio
Integrante: Mg. Armando Jesús Edilberto Vélez Azañero

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:  
EFECTO ECOTOXICOLÓGICO DE LA MEZCLA DE AROCLOR 1254 Y PLOMO EN EL  
BIOINDICADOR *DAPHNIA MAGNA* STRAUSS, 1820

Presentada por el bachiller:

- Carlos Nicolás Dellafredad Tesén

Para optar el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**

Asesorada por:

- Dr. José Alberto Iannacone Oliver

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

• Integrante 1: Carlos Nicolás Dellafredad Tesén			Nota (escrito): <i>catorce</i>
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

  
Presidente del Jurado

  
Miembro del Jurado

  
Miembro del Jurado

  
Asesor

T/(51) 610 6400  
opción 2  
www.cientifica.edu.pe

Campus  
Panamericana Sur  
km 19 - Lima 42

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis queridos padres, Rafael Dellafredad García y Marleny Tesén Palacios, por otorgarme la vida, por darme la oportunidad y creer en mis fortalezas y competencias, por su constante aliento y cariño concedido, porque son el principal cimiento de mi proyecto de vida.

A mis hermanos Paolo y Rafael, por su insistente motivación y por el gran aprecio que nos tenemos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Tengo la dicha de manifestar mi gratitud a todas las personas que constantemente me animaron a alcanzar esta meta.

En primer lugar, al Doctor en Ciencias Biológicas, José Alberto Iannacone Oliver, por su persistente orientación, sugerencias y beneficiosos comentarios para el desarrollo de la tesis.

También, al Departamento de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú. Por ceder el Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) y los equipos necesarios para el éxito de esta tesis.

## ÍNDICE GENERAL

COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
RESUMEN .....	5
ABSTRACT.....	6
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
INTRODUCCIÓN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
MATERIALES Y MÉTODOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
RESULTADOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DISCUSIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
CONCLUSIONES .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
REFERENCIAS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ANEXOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
EVIDENCIA DEL ENVÍO A REVISTA CIENTÍFICA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
COPIA DE CARTA DE APROBACIÓN ACADÉMICA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
COPIA DE DOCUMENTO DE APROBACIÓN DE COMITÉ DE ÉTICA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
COPIA DE RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

INSTRUMENTO E INFORMACIÓN DE UTILIDAD USADO EN LA INVESTIGACIÓN. ¡Error!

**Marcador no definido.**

Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas ¡Error! **Marcador no definido.**

## RESUMEN

El protocolo de ensayo con el bioindicador *Daphnia magna* Strauss, 1820 permite determinar el efecto ecotoxicológico individual y de mezcla de diversas sustancias químicas. El parámetro de toxicidad aguda en ecotoxicología con uso más frecuente es la concentración letal media ( $CL_{50}$ ). Evaluar el efecto ecotoxicológico de la mezcla de aroclor 1254 y del plomo ( $Pb^{2+}$ ) sobre *D. magna*. Se calculó la  $CL_{50}$  siendo aroclor 1254 >  $Pb^{2+}$ , y posteriormente la concentración sin efecto ecológico (PNEC) para el efecto individual y de mezcla, Posteriormente, se compararon los valores de PNEC con la Categoría 4 – E2: Ríos del Estándar de Calidad Ambiental Peruano mediante Decreto Supremo No. 004 2017 (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017). Los valores de  $CL_{50}$  se redujeron de manera progresiva con el tiempo de exposición a 48 h para ambos compuestos en forma individual y de mezcla. Se determinó la relación de proporción – sinergia (PS) en proporciones de 1:1, 3:2 y 4:1 (aroclor 1254:  $Pb^{2+}$ ), generándose mayores valores de PS en 3:2 y 4:1 en comparación a 1:1. Se concluye que la concentración de aroclor 1254 estimada de PNEC es similar al valor de la Categoría 4 – E2 y que la concentración límite para  $Pb^{2+}$  no es adecuada y que debe disminuirse para asegurar la conservación del medio

acuático. Además el bioindicador *D. magna* permite evaluar adecuadamente la mezcla de aroclor 1254 y  $Pb^{2+}$ .

**PALABRAS CLAVE:** aroclor 1254, bioensayo, *Daphnia magna*, plomo.

### ABSTRACT

The test protocol with the *Daphnia magna* Strauss bioindicator, 1820 allows to determine the individual ecotoxicological effect and the mixing of various chemical substances. The parameter of acute toxicity in ecotoxicology with more frequent use is the mean lethal concentration ( $LC_{50}$ ). To evaluate the ecotoxicological effect of the mixture of arochlor 1254 and lead ( $Pb^{2+}$ ) on *D. magna*. The  $LC_{50}$  was calculated being arochlor 1254 >  $Pb^{2+}$ , and later the concentration without ecological effect (PNEC) for the individual and mixing effect. Subsequently, the PNEC values were compared with Category 4 - E2: Rivers of the Standard of Peruvian Environmental Quality by Supreme Decree No. 004 2017 (Ministry of Environment [MINAM], 2017). The  $LC_{50}$  values were reduced progressively with the exposure time to 48 h for both compounds individually and as a mixture. The ratio - synergy ratio (SP) was determined in proportions of 1:1, 3:2 and 4:1 (arochlor 1254:  $Pb^{2+}$ ), generating higher PS values in 3:2 and 4:1 compared to 1:1. It is concluded that the concentration of arochlor 1254 estimated from PNEC is similar to the value of Category 4 - E2 and that the limit concentration for  $Pb^{2+}$  is not adequate and that it should be decreased to ensure the conservation of the aquatic environment. In addition to the bioindicator *D. magna* allows to properly evaluate the mixture of arochlor 1254 and  $Pb^{2+}$ .

**KEY WORDS:** arochlor 1254, bioassay, *Daphnia magna*, lead.

Artículo Original / Original Article / Artigo Original

**Efecto ecotoxicológico de la mezcla de Aroclor 1254 y plomo en el  
bioindicador *Daphnia magna*<sup>1</sup>**

Carlos Nicolás Dellafredad Tesén<sup>2</sup>, José Alberto Iannacone Oliver<sup>3</sup>

1 Artículo original derivado del proyecto de investigación titulado “Efecto ecotoxicológico de la mezcla de aroclor 1254 y plomo en el bioindicador *Daphnia magna* Strauss, 1820”, fecha de realización entre noviembre 03 del 2018 y abril 28 del año 2019 en Lima, Perú.

2 Bachiller en Ingeniería Ambiental. Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Científica del Sur. Lima, Perú, Correo electrónico: [cdellafredad24@gmail.com](mailto:cdellafredad24@gmail.com), ORCID: 0000-0003-0359-3596.

3 Biólogo, Doctor en Ciencias Biológicas, Docente-Investigador, Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Científica del Sur. Lima, Perú. Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú, [joseiannaconeoliver@gmail.com](mailto:joseiannaconeoliver@gmail.com), ORCID: 0000-0003-3699-4732.



Autor para correspondencia, José Alberto Iannacone Oliver, E-mail:  
[joseiannaconeoliver@gmail.com](mailto:joseiannaconeoliver@gmail.com)

## RESUMEN

El protocolo de ensayo con el bioindicador *Daphnia magna* Strauss, 1820 permite determinar el efecto ecotoxicológico individual y de mezcla de diversas sustancias químicas. El parámetro de toxicidad aguda en ecotoxicología con uso más frecuente es la concentración letal media ( $CL_{50}$ ). Evaluar el efecto ecotoxicológico de la mezcla de aroclor 1254 y del plomo ( $Pb^{2+}$ ) sobre *D. magna*. Se calculó la  $CL_{50}$  siendo aroclor 1254 >  $Pb^{2+}$ , y posteriormente la concentración sin efecto ecológico (PNEC) para el efecto individual y de mezcla, Posteriormente, se compararon los valores de PNEC con la Categoría 4 – E2: Ríos del Estándar de Calidad Ambiental Peruano mediante Decreto Supremo No. 004 2017 (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017). Los valores de  $CL_{50}$  se redujeron de manera progresiva con el tiempo de exposición a 48 h para ambos compuestos en forma individual y de mezcla. Se determinó la relación de proporción – sinergia (PS) en proporciones de 1:1, 3:2 y 4:1 (aroclor 1254:  $Pb^{2+}$ ), generándose mayores valores de PS en 3:2 y 4:1 en comparación a 1:1. Se concluye que la concentración de aroclor 1254 estimada de PNEC es similar al valor de la Categoría 4 – E2 y que la concentración límite para  $Pb^{2+}$  no es adecuada y que debe disminuirse para asegurar la conservación del medio acuático. Además el bioindicador *D. magna* permite evaluar adecuadamente la mezcla de aroclor 1254 y  $Pb^{2+}$ .

**PALABRAS CLAVE:** aroclor 1254, bioensayo, *Daphnia magna*, plomo.

## Ecotoxicological effect of the mixture of Arochlor 1254 and lead in the bioindicator *Daphnia magna*

### ABSTRACT

The test protocol with the *Daphnia magna* Strauss bioindicator, 1820 allows to determine the individual ecotoxicological effect and the mixing of various chemical substances. The parameter of acute toxicity in ecotoxicology with more frequent use is the mean lethal concentration (LC<sub>50</sub>). To evaluate the ecotoxicological effect of the mixture of arochlor 1254 and lead (Pb<sup>2+</sup>) on *D. magna*. The LC<sub>50</sub> was calculated being arochlor 1254 > Pb<sup>2+</sup>, and later the concentration without ecological effect (PNEC) for the individual and mixing effect. Subsequently, the PNEC values were compared with Category 4 - E2: Rivers of the Standard of Peruvian Environmental Quality (Supreme Decree No. 004 2017-MINAM). The LC<sub>50</sub> values were reduced progressively with the exposure time to 48 h for both compounds individually and as a mixture. The ratio - synergy ratio (SP) was determined in proportions of 1:1, 3:2 and 4:1 (arochlor 1254: Pb<sup>2+</sup>), generating higher PS values in 3:2 and 4:1 compared to 1:1. It is concluded that the concentration of arochlor 1254 estimated from PNEC is similar to the value of Category 4 - E2 and that the limit concentration for Pb<sup>2+</sup> is not adequate and that it should be decreased to ensure the conservation of the aquatic environment. In addition to the bioindicator *D. magna* allows to properly evaluate the mixture of arochlor 1254 and Pb<sup>2+</sup>.

KEY WORDS: arochlor 1254, bioassay, *Daphnia magna*, lead

## Efeito ecotoxicológico da mistura de aroclor 1254 e chumbo no bioindicador *Daphnia magna*

### RESUMO

O protocolo de ensaio com bioindicador *Daphnia magna* Strauss, 1820 para determinar o efeito individual e mistura ecotoxicológica vários produtos químicos. O parâmetro de toxicidade aguda em ecotoxicologia com uso mais frequente é a concentração letal média (CL<sub>50</sub>). Avaliar o efeito da mistura ecotoxicológica aroclor 1254 e chumbo (Pb<sup>2+</sup>) em *D. magna*. LC<sub>50</sub> foi calculada como sendo aroclor 1254 > Pb<sup>2+</sup>, em seguida, a concentração sem efeitos ecológicos adversos (PNEC) para o efeito individual e mistura. Subsequentemente, os valores PNEC comparado com Categoria 4 - E2: Rios Padrão de Qualidade Ambiental Peruana mediante Decreto Supremo No. 004 2017 (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017). Os valores de LC<sub>50</sub> foram reduzidos progressivamente com o tempo de exposição para 48 h para ambos os compostos individualmente e como uma mistura. Proporção determinada proporção - sinergia (PS) em proporções de 1:1, 3:2 e 4:1 (aroclor 1254: Pb<sup>2+</sup>), a gerao de valores mais elevados de PS em 3:2 e 4:1 em comparação com 1:1. A concentração de aroclor 1254 estimada PNEC é semelhante ao valor de categoria 4 - E2 e o limite de concentração Pb<sup>2+</sup> é inadequada e deveria ser diminuído para garantir a conservação do ambiente aquático. Mais o bioindicador *D. magna* permite avaliar adequadamente a mistura de aroclor 1254 e Pb<sup>2+</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** aroclor 1254, bioensaio, *Daphnia magna*, chumbo.