

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Respuesta toxicológica de alevinos de trucha “arco iris”
Oncorhynchus mykiss a la acción del plaguicida
metamidofos. Ayacucho 2015.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES

PRESENTADO POR:
Bach. ILLANES FLORES, Yanet Eliana

AYACUCHO – PERÚ
2015

A mis queridos padres por todo su apoyo y a mis hermanos que son el motivo de mis días.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogerme y brindarme su formación como profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas y la Escuela de Formación Profesional de Biología, por las facilidades para el logro y materialización de mis estudios en la carrera profesional de Biología.

A la Especialidad de Ecología y Recursos Naturales, por confirmar en mí las competencias profesionales del Biólogo dedicado al campo ambiental.

Al Parque Zoológico “La Totorilla”, en especial a la Comisión Administrativa por brindarme todas las facilidades del área experimental para la realización de la tesis.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su orientación y sabios consejos, que han permitido la elaboración y finalización de mi tesis.

A todas las personas que de una u otra manera fueron involucradas en este proceso y que con su apoyo hicieron posible la conclusión de la misma.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	8
2.2. Marco conceptual	8
2.2.1. Plaguicida	8
2.2.2. Toxicidad	8
2.2.3. Efecto toxicológico	8
2.2.4. Concentración Letal Media (CL50)	8
2.2.5. Mortalidad	8
2.2.6. Porcentaje de mortalidad	8
2.2.7. Tiempo de exposición	8
2.2.8. Bioensayos	9
2.2.9. Acetilcolinerasa	9
2.3. Bases teóricas	9
2.3.2. Los plaguicidas	9
2.3.3. Organofosforados	11
2.3.4. Características generales del Metamidofos.	13
2.3.5. Mecanismo de acción del Neurotransmisor Acetilcolina.	14
2.3.6. Mecanismo de acción del plaguicida Metamidofos toxicidad del Metamidofos	15
2.3.7. Persistencia de los plaguicidas	19
2.3.8. Efectos en el ambiente de los plaguicidas	20
2.3.9. Toxicidad en ecosistemas acuáticos	20
2.3.10. Efecto sobre los organismos acuáticos	21
2.3.11. <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris”	22
2.4. Marco Legal	24

2.4.1. Normas de regulación nacional de los plaguicidas	25
2.4.2. Plaguicidas agrícolas restringidas y prohibidas	25
2.4.3. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)	26
2.4.4. Código Penal	26
2.4.5. Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)	26
2.4.6. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo 015-2015-MINAM)	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Ubicación de la zona de estudio	31
3.1.1. Ubicación política	32
3.1.2. Ubicación geográfica	32
3.2. Población y muestra	32
3.2.1. Población	32
3.2.2. Muestra	32
3.2.4. Sistema de muestreo	32
3.3. Metodología y recolección de datos	32
3.3.1. Obtención de alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i>	32
3.3.2. Aclimatación de <i>Oncorhynchus mykiss</i>	33
3.3.3. Preparación de las soluciones de Metamidofos	34
3.3.4. Preparación de las unidades experimentales	34
3.3.5. Recolección de datos	35
3.4. Tipo de investigación	35
3.5. Análisis estadístico	35
IV. RESULTADOS	37
V. DISCUSIÓN	43
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, de acuerdo a organismo-objetivo.	10
Tabla 2. Nivel de peligrosidad de los plaguicidas según la Organización Mundial de la Salud.	10
Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su estructura química.	10
Tabla 4. Respuesta de órganos efectores a la inhibición de la acetilcolinesterasa.	13
Tabla 5. Ficha técnica del plaguicida Metamidofos.	13
Tabla 6. Algunas propiedades fisicoquímicas del agua recomendadas para el cultivo de “trucha arco iris”.	23
Tabla 7. Características fisicoquímicas del agua en el Parque Zoológico “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	33
Tabla 8. Disposición y distribución de las unidades experimentales según las diferentes concentraciones del plaguicida Metamidofos.	34
Tabla 9. Valores de la Concentración Letal Media (CL ₅₀) y los intervalos de confianza a las 24 y 48 horas de exposición para el plaguicida Metamidofos sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> . Ayacucho, 2015.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura básica de los Metamidofos.	14
Figura 2. Estructura básica de la acetilcolinesterasa.	14
Figura 3. Esquema elemental del metabolismo de los organofosforados.	16
Figura 4. Estructura de los dialquifosfatos, resultantes del metabolismo de los plaguicidas organofosforados.	16
Figura 5. Fases del efecto toxicológico de plaguicidas	19
Figura 6. Mapa de ubicación política del Parque Zoológico “La Totorilla”.	31
Figura 7. Valores medios, máximos y mínimos de mortalidad acumulada de alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” a las 24 horas de exposición al plaguicida Metamidofos. Ayacucho, 2015.	38
Figura 8. Valores medios, máximos y mínimos de mortalidad acumulada de alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” a las 48 horas de exposición al plaguicida Metamidofos Ayacucho, 2015.	39
Figura 9. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” en función de las concentraciones del plaguicida Metamidofos y el valor de la concentración letal media (CL ₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	40
Figura 10. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” en función de las concentraciones del plaguicida Metamidofos y el valor de la concentración letal media (CL ₅₀) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	41

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Registro de datos (tratamientos, hora y mortalidad) en proceso experimental del plaguicida Metamidofos sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> . Ayacucho, 2015.	58
Anexo 2. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” sometidos a cuatro concentraciones crecientes del plaguicida Metamidofos registrados a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	59
Anexo 3. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” sometidos a cuatro concentraciones crecientes del plaguicida Metamidofos registrados a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	60
Anexo 4. Percentiles (concentración letal media en mg/L) del plaguicida Metamidofos sometidas a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis Probit.	61
Anexo 5. Percentiles (concentración letal media en mg/L) del plaguicida Metamidofos sometidas a las 48 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis Probit	62
Anexo 6. Obtención de alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” del criadero comercial de la Laguna Yanaccocha – Nevado de Razuhuillca, provincia de Huanta. Ayacucho, 2015.	63
Anexo 7. Aclimatación de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” al Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	64
Anexo 8. Tesista preparando la solución madre para diferentes concentraciones del plaguicida Metamidofos en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	65
Anexo 9. Unidades experimentales en el área de estudio y recolección de datos en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	66

Anexo 10. Captura de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” y procedimiento de agregación a los recipientes con contracciones diferentes de Metamidofos en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	67
Anexo 11. Medida del tamaño de los alevinos muertos en el experimento con el plaguicida Metamidofos. Ayacucho, 2015.	68
Anexo 12. Análisis físico-químico del agua del Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	69
Anexo 13. Etiqueta del plaguicida Metamidofos	70
Anexo 14. Matriz de Consistencia	72

RESUMEN

El presente trabajo evaluó el efecto toxicológico del plaguicida metamidofos en alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "Trucha arco iris", como organismo de prueba por ser altamente sensible ante la problemática ecológica que se presenta con el uso indiscriminado de plaguicidas en nuestra región dado que su utilización no cumple con los estándares recomendados ni la supervisión que indica en cada producto. Siendo así, es necesario establecer los parámetros toxicológicos para el registro y formulación de pesticidas, es por ello que, este trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el efecto toxicológico de 04 concentraciones crecientes (13.5; 16.5; 19.5 y 22.5 mg/L) utilizando el plaguicida Metamidofos (Stermín®) expuestos durante 24 y 48 horas empleando para ello alevinos de *Oncorhynchus mykiss*. El presente trabajo de investigación se ejecutó en las instalaciones del Parque Zoológico "La Totorilla". Para la realización de los bioensayos se emplearon 20 unidades experimentales, los que estuvieron constituidos cada uno de ellos por diez alevinos de *Oncorhynchus mykiss* con diez litros de agua incluidos en un balde de plástico de 20 L de capacidad, acondicionando a cada unidad experimental un sistema para el ingreso de aire a través de un piedra difusora y bombeada por dos aireadores. De los resultados, se observa que los porcentajes de mortalidad de los alevinos de "trucha arco iris" se incrementan a medida que las concentraciones de Metamidofos se incrementan, por otro lado, la mortalidad registrada es diferente estadísticamente ($p < 0,05$) en cuanto a las concentraciones para cada tiempo de exposición. Con respecto a la concentración letal media (CL_{50}), para el plaguicida Metamidofos (Stermín®) fueron de 23,18 y 15,97 mg/L para 24 y 48 horas de exposición respectivamente, mostrando que la concentración letal media disminuye a medida que el tiempo de exposición se incrementa.

Palabras clave: Toxicidad, Metamidofos, *Oncorhynchus mykiss*.

I. INTRODUCCIÓN

La región de Ayacucho es una zona donde se practica la agricultura con una gran demanda de plaguicidas en general, conduciendo a una problemática ecológica que representa el uso de dichos productos, una de las principales dificultades es la falta de información objetiva sobre los productos que están disponibles para esta práctica agrícola. Es necesario dejar bien establecidos los parámetros toxicológicos necesarios para el registro y formulación de estos pesticidas, determinar tolerancias y manejar aspectos específicos para su utilización.

Nuestro país viene evidenciando una serie de problemas derivados del mal uso y manejo que se hace de estos insumos, a lo que se agrega una fuerte tendencia al comercio ilegal y a la adulteración que de por sí aumenta el nivel de riesgo. El organofosforado metamidofos es un insecticida y acaricida de contacto.

Es altamente tóxico para el hombre por vía oral, dérmica y por inhalación, insecticida de amplio espectro para el control de las plagas agrícolas que atacan cultivos tales como el maíz, papa, brócoli, vid y algodón. En el Perú, existen 27 productos comerciales con diferentes formulaciones para el metamidofos, registrados en el Servicio Nacional de Sanidad Agraria/Ministerio de Agricultura para su empleo en el control de plagas agrícolas. Debido a su alta solubilidad y a la elevada probabilidad de encontrarlo en el ambiente dulceacuícola, el metamidofos, puede ocasionar importantes efectos tóxicos en la biota animal.

El cultivo de truchas se ha desarrollado y expandido en las aguas frías de todo el mundo, en el Perú también es una actividad importante para los pobladores de la región Altoandina, debido a la apertura de numerosos centros piscícolas en el cultivo de esta especie; afrontando uno de los principales problemas que es la contaminación de los sistemas acuáticos, principalmente por plaguicidas de uso agrícola.

La especie *Oncorhynchus mykiss*, es altamente sensible a los agroquímicos y considerado como un bioindicador de toxicidad. Esta especie constituye uno de los principales recursos hidrobiológicos de la actividad de la acuicultura continental en el Perú. Teniendo en cuenta lo antes mencionado se considera importante el aporte de conocimientos sobre la acción tóxica del plaguicida Metamidofos en los peces, especialmente aquellos de importancia ecológica y de consumo humano como lo es el *Oncorhynchus mykiss*.

El presente trabajo de investigación se ejecutó en las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla” (PZ-LT) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la respuesta toxicológica de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* a la acción del plaguicida metamidofos a cuatro concentraciones crecientes (13.5, 16.5, 19.5 y 22.5 mg/L) en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas), en la ciudad de Ayacucho durante el año 2015.

Objetivos específicos

- a. Determinar el porcentaje de mortalidad de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”, sometidas a cuatro concentraciones crecientes de 13.5, 16.5, 19.5 y 22.5 mg/L del plaguicida Metamidofos a 24 y 48 horas de exposición.
- b. Calcular la concentración letal media (CL₅₀) del plaguicida a 4 concentraciones crecientes (13.5, 16.5, 19.5, 22.5 mg/L) del plaguicida Metamidofos en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas) sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”.
- c. Comparar la mortalidad y la concentración letal media (CL₅₀) de 04 concentraciones crecientes (13.5, 16.5, 19.5, 22.5 mg/L) generado por el plaguicida Metamidofos en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas) sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según la información recopilada respecto al problema planteado, se encontraron los siguientes trabajos de investigación que a continuación se detallan:

Miglio *et al.*,¹ evaluaron los efectos de los plaguicidas metamidofos y carbofurano en *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en el Centro Piscícola “El Ingenio”, distrito de Ingenio, provincia de Huancayo, región Junín. Se emplearon bioensayos en un sistema semiestático y estático, considerando 24, 48, 72 y 96 horas de exposición, como modo de determinación del límite de concentración letal para el 50% de la población (CL₅₀). Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación fueron los siguientes: la concentración letal media (CL₅₀) del metamidofos para las 24 h fue de 60,11 mg/L de ingrediente activo (IA) L⁻¹, así mismo para las 48 h fue 31,08 mg/(IA) L⁻¹, para las 72 h fue de 23,83 mg (IA) L⁻¹ y finalmente para las 96 h fue de 19,12 mg (IA) L⁻¹, demostrando la toxicidad del plaguicida, para alevinos de *Oncorhynchus mykiss*. La CL₅₀ del carbofurano determinado en el presente estudio fue para las 24 h de 5,749 mg (IA) L⁻¹, así mismo para las 48 h de 1,02 mg (IA) L⁻¹, para las 72 h de 0,497 mg (IA) L⁻¹ y finalmente para las 96 h de 0,367 mg (IA) L⁻¹, demostrándose su alta toxicidad para alevinos de “trucha arco iris”. Los valores de la Concentración Letal Media (CL₅₀), permitieron calcular los Cocientes del Riesgo (RQ) para la Evaluación de Riesgo Ambiental (ERA) para el metamidofos y el carbofurano sobre el sistema acuático. Este análisis indicó un impacto moderado del metamidofos pero en caso del carbofurán nos señala un mayor riesgo en el ambiente.¹

Iannacone *et al.*,² investigaron el efecto ecotoxicológico del Furadán® 4F (i.a. carbofurano) y Monofos® (i.a. metamidofos) sobre alevinos de la *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en el Centro Piscícola “El Ingenio”, distrito de Ingenio, provincia de Huancayo, región Junín. Las mortalidades fueron evaluadas de 24

hasta 96 horas de exposición. La concentración letal media (CL₅₀) obtuvo resultados de 5749,0; 1020,0; 490,0 y 19,2 µg L⁻¹ para 24, 48, 72 y 96 horas de exposición para el plaguicida Furadán® 4F, respectivamente. Para las mezclas heterotóxicas de exposición, la CL₅₀ de Monofos disminuye con el aumento de dos concentraciones constantes y fijas del Furadán, exhibiendo una toxicidad sinérgica.

Así también un estudio realizado en Ayacucho por Layme,³ demostró la asociación que existe entre la inhibición de la actividad colinesterásica y los niveles de plaguicidas organofosforados y carbamatos presentes en el suero sanguíneo, producto del uso excesivo de dichos agroquímicos. Se estimó el grado de contaminación con plaguicidas mediante la evaluación de la concentración de colinesterasa en 75 productores hortícolas, del valle de Compañía, provincia de Huamanga, región de Ayacucho y 25 estudiantes de la Escuela de Formación Profesional de Farmacia y Bioquímica no expuestos a estos plaguicidas inhibidores de la colinesterasa como grupo control. Se cuantificó los niveles de actividad de la colinesterasa sérica empleando el método Elman modificado a 405 nm en suero con yoduro de S butirilticolina como sustrato y a una temperatura fija de 25 °C. El valor promedio de actividad de la colinesterasa sérica en los agricultores que trabajan con los pesticidas fue de 2417,49 U/I D.E. +/- 940,91 (valor máximo: 3697,97 U/I; valor mínimo: 3531,39 U/I) y en el grupo control fue de 4069,32 U/I D.E. +/- 343,03 (valor máximo: 4497,53 U/I; valor mínimo: 3531,39 U/I); valor normal de actividad de la colinesterasa sérica: 3200 - 9000 U/I. El 66,67% de los agricultores que trabajan con los pesticidas presentaron valores por debajo de los niveles normales de la actividad de la colinesterasa sérica (82,67% de los varones y el 17,33% de las mujeres). El grupo de agricultores cuyos tiempos de trabajo es superior a los 25 años eran el que tenían la actividad de colinesterasa sérica más bajo no encontrándose frecuencias de normales.

Barrios y Gamez determinaron la Concentración Letal Media (CL₅₀) del Glifosato Roundup R747SG sobre alevinos de "trucha arco iris" *Oncorhynchus mykiss*. El valor de la CL₅₀ con sus respectivos límites de confianza, osciló entre 0,6251 y 1,3881 mg/L presentando un valor promedio de 1,0066 mg/L indicando que a esta concentración se muere la mitad de los organismos expuestos al glifosato. Estos datos fueron obtenidos siguiendo minuciosamente los protocolos establecidos por la Universidad de la Salle, garantizando resultados confiables. Los resultados obtenidos en las pruebas de sensibilidad fueron homogéneos y constantes, dando

una viabilidad al momento de hacer los ensayos preliminares y definitivos con el glifosato, estableciendo el buen estado fisiológico y de aclimatación (15 días) de los alevinos de “trucha arco iris”, garantizando la confiabilidad de los resultados. Se estableció que los datos de la concentración letal media (CL_{50}) para el dicromato de potasio (tóxico de referencia para determinar la sensibilidad de la especie), con sus respectivos límites de confianza, osciló entre 42,1013 y 66,0449 mg/L presentando un valor promedio de 54,0731 mg/L.⁴

Según Czajkowska la acción de los insecticidas organofosforados en los vertebrados generalmente se manifiesta como una ruptura en la transmisión de los impulsos nerviosos en el sistema nervioso central y periférico, por inhibición del acetil colinesterasa, que es la enzima que regula la cantidad del neurotransmisor acetil colina. El organofosforado metamidofos es un insecticida y acaricida de contacto y acción sistémica, con alto poder residual. Es altamente tóxico para el hombre por vía oral, dérmica y por inhalación. Es un insecticida de amplio espectro para el control de las plagas agrícolas que atacan cultivos tales como el maíz, papa, brócoli, vid y algodón⁵

Ianacone realizó una evaluación ecotoxicológica estandarizada de plaguicidas del suelo: lindano, clorpirifos y metamidofos, en la Universidad Federico Villarreal, Lima, Perú, empleando al caracol dulceacuícola *Physa venustula* como herramienta para la evaluación de riesgos ambientales. Los valores determinados de la concentración letal media (CL_{50}) para el efecto letal de los plaguicidas evaluados fueron a 24, 48 y 96 h de exposición respectivamente: lindano 811,89; 715,30 y 415 m g L⁻¹; clorpirifos 379,13; 154,18 y 66,01 m g L⁻¹ y metamidofos 1 791, 391,33 y 194 m g L⁻¹. Se observaron efectos subletales con clorpirifos y metamidofos. Los valores determinados de concentración efectiva media (CE_{50}) para la desadherencia a 24, 48 y 96 h fueron respectivamente: clorpirifos 197,14; 89,14 y 36,23 m g L⁻¹, y metamidofos 600,81; 361,69 y 150,75 m g L⁻¹. Los valores de CE_{50} para el desprendimiento cefálico a 24, 48 y 96 h de exposición respectivamente fueron: clorpirifos 323,69; 109,02 y 60,01 m g L⁻¹ y metamidofos 738,4; 314,4 y 155,93 m g L⁻¹. De los tres plaguicidas evaluados el orden de ecotoxicidad decreciente a 24 h de exposición fue: clorpirifos mayor a lindano mayor a metamidofos y a 48 y 96 h fue: clorpirifos mayor a metamidofos mayor a lindano para el efecto letal. En efectos subletales el orden de ecotoxicidad decreciente a 24, 48 y 96h fue clorpirifos mayor a metamidofos. Se propone este

protocolo de ensayo ecotoxicológico empleando a *P. venustula* como una herramienta para la evaluación de riesgos ambientales por plaguicidas de suelo⁶. Rayme, realizó un estudio en Ayacucho donde tuvo como objetivo determinar la toxicidad de los detergentes comerciales Ariel y Patito, en las concentraciones de 0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L, empleando para ello alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, los que fueron expuestos durante 24 y 48 horas a sus efectos. El trabajo de investigación fue llevado a cabo, en las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla”, para lo cual se construyeron 28 unidades experimentales, lo que estuvieron constituidos por un balde de plástico de 20 litros de capacidad, en los cuales se colocaron 10 litros de agua con la respectiva concentración de cada detergente, además de contar con unidades de control sin presencia de detergente. En cada unidad experimental se colocó un aireador para la oxigenación del agua, que fue generada a partir de dos bombas de aire, luego del cual fueron estabuladas 10 alevinos en cada uno de los baldes, para luego de 24 y 48 horas determinar la mortalidad generada. De los resultados, se puede observar que el porcentaje de mortalidad son similares en ambos detergentes ($p > 0,05$), mientras que la mortalidad se incrementa significativamente ($p < 0,05$) a medida que se incrementa las concentraciones de ambos detergentes, así con el incremento del tiempo de exposición, llegando a registrarse mayores mortalidades en el detergente Patito, el que llega hasta el 100%. La concentración letal media para el detergente Ariel y detergente Patito fue de 0,345 g/L y 0,267 g/L, respectivamente a las 24 horas y de 0,275 g/L y 0,205 g/L a las 48 horas, mostrando así que la concentración letal media disminuye a medida que el tiempo de exposición se incrementa. Por otro lado, en los valores de las características fisicoquímicas del agua, resalta que el nivel de la dureza total, dureza cálcica y dureza magnésica existe diferencia significativa ($p < 0,05$), donde el agua con detergente Patito presenta mayores valores de dureza total, en comparación con el detergente Ariel y el testigo, siendo este comportamiento similar para la dureza cálcica y dureza magnésica. Para el caso de otras características, como alcalinidad, cloruros, pH y conductividad eléctrica, fueron estadísticamente semejantes ($p > 0,05$).⁷

Del mismo modo Vallejo realizó una investigación en Ayacucho determinando el efecto toxicológico agudo de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) utilizando el plaguicida Furadán® 4F (ingrediente activo (i.a.) carbofurano) expuestos durante 24, 48 y 72 horas empleando para ello alevinos

de *Oncorhynchus mykiss* trucha “arco iris”. El trabajo de investigación fue llevado a cabo, en las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla”, para el cual se construyó 20 unidades experimentales, los que estuvieron constituido por un balde de plástico en la cual se colocó 10 L de agua, una bomba de aire para la oxigenación y 10 alevinos. De los resultados, se observa que los porcentajes de mortalidad de los alevinos de trucha se incrementan a medida que las concentraciones de Furadán también se incrementan, siendo este comportamiento semejante a 24, 48 y 72 horas, por otro lado, la mortalidad registrada es diferente estadísticamente ($p < 0,05$) en cuanto a las concentraciones para cada tiempo de exposición. Con respecto a la concentración letal media, para el plaguicida Furadán fue de 14,57 mg/L, 9,61 mg/L y 8,42 mg/L para 24, 48 y 72 horas de exposición respectivamente, mostrando que la concentración letal media disminuye a medida que el tiempo de exposición se incrementa⁸

Se realizó un trabajo en el país de Chile llegando a experimentar con un insecticida organofosforado, ya que son ampliamente utilizados para eliminar las plagas en la agricultura donde se usaron para controlar y eliminar la plaga de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*). Actúan como inhibidores de la acetilcolinesterasa e inducen daños en el ADN. El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de malation y metamidofos dos plaguicidas organofosforados, sobre los parámetros reproductivos de macho de lombriz de tierra *Eisenia foetida*. Una vez determinada la DL50 en mg por kilogramo de tierra (malation= 880 mg/kg y metamidofos= 85,3 mg/kg), se procedió a someter a *Eisenia foetida* a dosis de 1/10, 1/6, 1/3 y 2/3 de la DL50. Los grupos controles fueron asperjados con agua. Todos los grupos fueron analizados a 1, 6, 15 y 30 días post tratamiento. Se determinó el peso y cambios morfológicos externos. Recuento espermático se realizó en cámara de Neubaur, la integridad del ADN se determinó con el test de naranja de Acridina. El Comité de Ética/Bioética de la Universidad de Tarapacá, aprobó los protocolos de investigación. Los resultados muestran que ambos organofosforados expresan una disminución significativa del peso corporal en todos los individuos tratados con un 100% de cola enrollada. Se observó un alza significativa del número de espermatozoides a los 1, 6 y 15 días seguido de una disminución significativa entre los 15 a los 30 días. Se observó un aumento significativo de espermatozoides anormales metacromáticos (fluorescencia roja) en todos los animales tratados. Se concluye que malation y metamidofos, alteran la morfología externa, el recuento y la calidad espermática en lombriz de tierra *Eisenia foetida*. El uso de estos

agroquímicos necesita de mejores procedimientos de manejo y almacenaje para no alterar el medio ambiente y la salud pública humana.⁹

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Plaguicida

Plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquiera plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas, las de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, alimentación. Los pesticidas o plaguicidas son usados en la agricultura para mitigar o eliminar las pérdidas asociadas a la disminución en el rendimiento de un cultivo causadas por insectos dañinos, hongos, malas hierbas y otras plagas.¹⁰

2.2.2. Toxicidad

Es la actividad tóxica y específica, vinculada a la estructura química de una sustancia exógena a los organismos (xenobiótico) por su interacción con moléculas endógenas (receptor).¹⁰

2.2.3. Efecto toxicológico

Respuesta aguda de modelos biológicos a la acción de agentes químicos, denominado muerte, siendo considerado como efecto similar la falta de movimiento.¹⁰

2.2.4. Concentración Letal Media (CL₅₀)

Es la concentración de una sustancia que resulta mortal para la mitad de un conjunto de animales de prueba. Es empleada como un indicador general de la toxicidad aguda de una sustancia.¹⁰

2.2.5. Mortalidad

Respuesta de los organismos sometidos a la acción de una sustancia tóxica en un determinado tiempo.¹⁰

2.2.6. Porcentaje de mortalidad

Frecuencia de individuos muertos o inmóviles en relación con el total de individuos sometidos a la acción de un agente químico.¹¹

2.2.7. Tiempo de exposición

Tiempo en el cual un conjunto de organismos es sometido a la acción de una sustancia con la finalidad de observar una respuesta (mortalidad).¹¹

2.2.8. Bioensayos

Es un método utilizado para detectar y evaluar la capacidad de un agente dado para producir efectos tóxicos sobre los organismos vivos.¹¹

2.2.9. Acetilcolinerasa

La acetilcolinesterasa, es una enzima humana de la familia de colinesterasas que se encuentra en los tejidos nerviosos y los glóbulos rojos, cuya función principal es hidrolizar al neurotransmisor acetilcolina.¹¹

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Contaminación de los ecosistemas acuáticos continentales

Se define como contaminación a la introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía con potencial para provocar daños, irreversibles o no, en el medio inicial, así mismo al cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente y que puede afectar la vida humana y de otras especies. La presencia en el ambiente, por acción del hombre, de cualquier sustancia química, objetos, partículas, microorganismos, formas de energía o componentes del paisaje urbano o rural, en niveles o proporciones que alteren la calidad ambiental y, por ende, las posibilidades de vida.¹²

2.3.2. Los plaguicidas

Los plaguicidas se definen como sustancias o mezclas de sustancias que tienen por objetivo prevenir, destruir, repeler o mitigar daños que causan insectos, roedores, aves, nemátodos, malezas y cualquier otro organismo que se considere plaga.¹²

Los plaguicidas, en especial los insecticidas, han hecho posibles grandes aumentos en la producción del alimento y mejoras en la salud humana, cuando se han producido daños ha sido principalmente debido a la ignorancia de las propiedades de estos productos químicos y a su uso equivocado, puesto que es imposible conocer todas las propiedades de todos los plaguicidas, por lo mismo es inevitable que se produzca cierto cambio ambiental debido a su uso. No obstante, no existen argumentos en contra de su uso, siempre y cuando los beneficios superen a los daños. Lo importante es saber que existe un riesgo finito de daño, para minimizarlo mediante la comprobación de la toxicidad de estos productos químicos.¹²

En el Perú, en el 2012 se han importado plaguicidas de usos agrícolas en un total de 3 032,2 toneladas de insecticidas, siendo de mayor cantidad en comparación al año 2011.¹³

a. Clasificación de los plaguicidas

Actualmente, la clasificación de los plaguicidas se puede realizar en función de diferentes criterios como su campo de acción, estabilidad, grado de toxicidad,

semejanzas químicas, etc. Siguiendo este criterio, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos¹⁴ clasifica a los plaguicidas tal como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, de acuerdo a organismo-objetivo.

Tipo de plaguicida	Organismo objeto
Acaricidas	Ácaros
Fumigantes	Plagas en edificios
Fungicidas	Hongos
Herbicidas	Plantas
Insecticidas	Insectos
Larvicidas	Larvas de insectos
Nematicidas	Nemátodos
Raticidas	Roedores

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.¹⁴

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha aprobado un sistema de clasificación de peligrosidad de los plaguicidas, basado en los valores de DL₅₀ oral y dermal.¹⁵ Cada toxicidad se distingue con un color de banda tal como muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Nivel de peligrosidad de los plaguicidas según la Organización Mundial de la Salud.

Grado de toxicidad	Clasificación	Color de banda
IA: Extremadamente tóxico	Veneno	Rojo
IB: Altamente peligroso	Veneno	Amarillo
II: Moderadamente peligroso	Cuidado	Azul
III: Ligeramente peligroso	Precaución	Verde

Fuente: La Organización Mundial de la Salud.¹⁵

De acuerdo a su estructura química, los plaguicidas se clasifican en carbamatos, organoclorados, organofosforados, compuestos inorgánicos, piretroides, derivados de la urea, arsenicales, bipidilios y muchos otros.¹⁵

Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su estructura química.

Plaguicidas	Características	Ejemplo
Organoclorados	Solubles en lípidos.	DDT
	Se acumulan en los tejidos grasos de los animales.	Aldrín
	Son transferidos a través de la cadena alimenticia.	Lindano
	Tóxicos para una gran variedad de animales.	Clordán
	Persistentes a largo plazo.	

Organofosforados	Solubles en agua.	Malatión
	Se filtran hasta alcanzar las aguas subterráneas	Paratión
	Menos persistentes que los organoclorados.	Stermin
Carbamatos	Derivados de ácidos carbamáticos.	Sevin
	Matan a un espectro limitado de insectos, pero son altamente tóxicos para los vertebrados.	Carbofurán
	Persistencia relativamente baja.	Furadán
Diflubenesurón	Interfiere en la formación del exoesqueleto en las larvas de insectos que mudan. Se ha utilizado en el control de lepidópteros que están en fase de desarrollo en el momento de la aspersión.	Dimelín

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.¹⁵

2.3.3. Organofosforados

Son generalmente ésteres de ácido fosfórico sustituidos. Se descomponen con mayor facilidad y son menos persistentes en el ambiente que los organoclorados, pero más peligrosos debido a que tienen un grado alto de toxicidad. Son biodegradables y no se acumulan en el organismo.

Algunos organofosforados son: clorfenvinfos, demetión, diclorvos, diazinón, etil paratión, etión, fentión, fosfolán, malatión, metamidofos, metilazinfos, monocrotofos, tricorfón.¹⁶

2.3.3.1 Metamidofos

El metamidofos (Nombre IUPAC: (RS)- *O,S-dimethyl phosphoramidothioate*), es un plaguicida organofosforado, insecticida y acaricida de peso molecular 141,13 g/mol. Sus nombres comerciales son: Monitor, Tamaron, Filotox, Tam, Patrole, Metamidofos Estrella, Metamidofos 60 WSC, methedrin 60 Morithion, Red Star Alloran, usándose 1L/Ha¹⁶.

a. Características químicas:

Cristalino, PF de 46.1 °C, fácilmente soluble en agua o etanol; menos de 1 % en keroseno, menos de 10 % en benceno o xileno a temperatura ambiente. Soluble en alcoholes, hidrocarburos alifáticos clorinados; ligeramente soluble en éter.

Toxicidad: Dosis letal media (DL50) oral aguda es de 19-21 mg/Kg de peso en rata.

Aplicaciones: Para el control de ciertas larvas de lepidópteros, áfidos, gorgojos y mosquita blanca.¹⁷

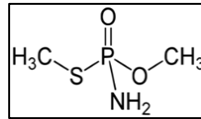


Figura 1. Estructura de metamidofos.¹⁷

b. Propiedades:

El Metamidofos es degradado al aire libre en sistemas naturales de agua, tiene una vida media de 15.9 días en el agua y 7.7 días en el sedimento.

Sin embargo, el Metamidofos en el suelo es poco persistente y es altamente móvil.

En el agua y en el sedimento es más persistente:

- A pH 5 tiene una vida media de 309 días.
- A pH 7 tiene una vida media de 27 días.
- A pH 3 tiene una vida media de 3 días.
- Es muy poco soluble en agua, aplicaciones cercanas a las aguas superficiales pueden causar contaminación.

El Metamidofos es absorbido por el suelo en pequeñas cantidades dado la rapidez de la degradación de la sustancia y la alta movilidad, ésta se lixivia en las capas del suelo.

La vida media en el suelo es de pocos días y los productos de degradación son: el CO₂, mercaptán, sulfuro de dimétilo y disulfuro de dimetilo.¹⁷

c. Presentaciones:

Se comercializa en distintas formulaciones con los nombres de Stermin 600 SL, Tamaron 600 SL, Thodoron, Tafos 600, Monitor 600, Metharon 600, etc. Se aplica al suelo incorporado al agua de riego.¹⁷

d. Usos:

Existen más de 50 compuestos de plaguicidas pertenecientes a la familia de los methamidophos¹⁸. Su modo de acción es sistémico, contacto y estomacal. Absorbido por las raíces y el follaje; transportado hacia las orillas de las hojas. Inhibidor de la colinesterasa, se usa para el control de insectos masticadores, chupadores y ácaros de una gran variedad de cultivos, especialmente *Zea mays* “maíz”, *Triticum sativum* “trigo”, *Oryza sativa* “arroz”, *Glycine max* “soya”, *Solanum tuberosum* “papa” y entre otros.¹⁸

e. Efectos en la salud

Los insecticidas organofosforados pueden ingresar al organismo por inhalación, absorción gastrointestinal y aún por penetración a través de la piel y de las mucosas expuestas. La absorción por la piel es un poco mayor a temperaturas más altas y mucho en presencia de dermatitis¹⁹

Tabla 4. Respuesta de órganos efectores a la inhibición de la acetilcolinesterasa.

Síndrome muscarínico	Síndrome nicotínico	Síndrome neurológico central
1. Síntomas oculares: Miosis, anisocoria, visión borrosa, cefalea	1. Síntoma de músculo estriado, fatiga, debilidad muscular.	1. Ansiedad, vértigo, insomnio, somnolencia, cefalea,
2. Síntomas glandulares: Sudoración, lagrimeo, Salivación, hipersecreción, faríngea y bronquial.	2. Síntomas ganglionares sinápticos, taquicardia,	tremor, apatía, dificultad para la concentración, confusión, trastornos del lenguaje, ataxia,
3. Síntomas broncopulmonar: constricción torácica, tos, disnea, cianosis, edema pulmonar	hipertensión arterial, palidez (vaso constricción de piel y mucosas).	alucinaciones, convulsiones, coma, depresión circulatoria y respiratoria.
4. Síntomas cardiovasculares: Bradicardia, hiper-tensión arterial, vasodilatación de piel y mucosas.		
5. Síntomas gastrointestinales; Anorexia, náusea, vómito, tenesmo, dolor abdominal, diarrea, incontinencia fecal		

Fuente: Ficha técnica de Methamidofos.

2.3.4. Características generales del Metamidofos.

Methamidophos es un insecticida-acaricida. Aplicado al suelo es absorbido por las raíces donde ejerce su acción insecticida y acaricida.¹⁹

Tabla 5. Ficha técnica del plaguicida Metamidofos

Características	Descripción
Nombre químico	O, S- dimetil fosforoamidotiato.
Nombre común	Stermin, Metamidofos Estrella, Monitor, MTD, Orto.
Acción	Insecticida, acaricida.
Propiedades químicas	Cristalino, PF de 46.1° C, fácilmente soluble en agua.
Toxicidad	Dosis letal media (DL50) oral aguda es de 19-21 mg/Kg de peso en rata.
Aplicaciones	Para el control de ciertas larvas de lepidópteros, áfidos, gorgojos y mosquitos blanca.
Tratamiento	Administrar sulfato de atropina y oximas (2-PAM)

Fuente: Ficha técnica de Metamidophos²⁰

Para manipular este producto es indispensable utilizar equipos de protección individual que consiste en un overol impermeable, guantes protectores de goma, mascara con filtro y botas de goma.¹⁹

2.3.5. Mecanismo de acción del Neurotransmisor Acetilcolina.

a. Características de la enzima colinesterasa:

- **Acetilcolina:** Neurotransmisor endógeno, a nivel de la sinapsis y las uniones neuroefectoras colinérgicas en los sistemas nervioso central y periférico. Además, es metabolizada por la enzima acetilcolinesterasa con la consiguiente interrupción de la transmisión del impulso nervioso, la acción de la acetilcolina debe ser muy rápida, cerca de 1/1500 segundos.¹⁹
- **Colinesterasa:** Es una enzima que abunda en las células postsinápticas de tejidos con rica inervación colinérgica. Como la colinesterasa se encarga de destruir al neurotransmisor acetilcolina en la sinapsis nerviosa. Su inactivación produce aumento del neurotransmisor en el receptor y por lo tanto se incrementa las reacciones colinérgicas.¹⁹
- **Acetilcolinesterasa:** También llamada colinesterasa verdadera, se encuentra localizada exclusivamente en las neuronas.¹⁸ Se encuentra tanto en vertebrados, regulando su sistema nervioso, como en el sistema nervioso central de insectos.¹⁷ Su función es la de hidrolizar el neurotransmisor acetilcolina en ácido acético y colina.¹⁹

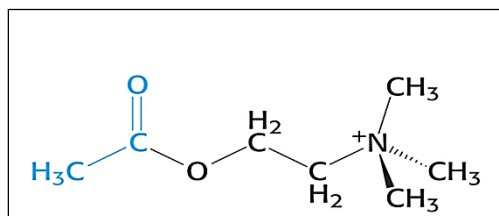


Figura 2. Estructura básica de la acetilcolinesterasa.¹⁹

b. Mecanismo de acción sobre el organismo.

El sistema nervioso está compuesto por células especializadas denominados neuronas, formadas por un cuerpo celular o soma que contiene al núcleo, y por proyecciones citoplasmáticas que pueden ser de dos tipos: las dendritas o parte receptora y los axones o parte transmisora. Estas últimas se extienden hasta hacer contacto con otras neuronas. Los axones frecuentemente se encuentran ramificados y en su parte terminal presentan una especie de arborización.²¹

La transmisión de los impulsos nerviosos tiene lugar en la sinapsis, la cual se encuentra formada por una neurona presináptica, una hendidura sináptica y una neurona postsináptica.²¹

La enzima acetilcolinesterasa actúa sobre la acetilcolina de la siguiente manera:²²

- En el citoplasma de la terminal axónica de las neuronas presinápticas del tipo colinérgico que utilizan la acetilcolina como neurotransmisor, existen unas vesículas especiales que captan y almacenan a la acetilcolina.
- La llegada de un potencial de acción despolariza la membrana presináptica, provocando de esta manera, la apertura de canales iónicos y como consecuencia, la liberación del neurotransmisor a la hendidura sináptica por exocitosis.
- En la membrana postsináptica, se encuentran los receptores de naturaleza proteica con alta afinidad por el neurotransmisor acetilcolina.
- La acetilcolina al difundir en el espacio sináptico se pone en contacto con los receptores, provocando cambios en la permeabilidad de la membrana a los cationes de sodio y potasio o ambos, lo que altera el potencial de membrana de la neurona postsináptica, haciéndola partícipe de la transmisión del impulso nervioso.
- El neurotransmisor acetilcolina después de actuar es rápidamente degradada por la enzima acetilcolinesterasa, con la consiguiente disminución de la transmisión del impulso nervioso, por lo cual la acetilcolinesterasa hidroliza rápidamente en colina y ácido acético
- La colina puede regresar a la membrana presináptica y ser reutilizada en la síntesis de la acetilcolina. Es así que la transmisión de los impulsos nerviosos se realiza sucesivamente de manera sincronizada.

Las sinapsis colinérgicas se localizan en las fibras nerviosas autónomas preganglionares, en todas las fibras parasimpáticas posganglionares, en las terminaciones nerviosas a la médula adrenal (que embriológicamente hablando es un ganglio) y en terminaciones nerviosas a ciertas glándulas sudoríparas y vasos sanguíneos. Las sinapsis neuromusculares también son colinérgicas.²²

2.3.6. Mecanismo de acción del plaguicida Metamidofos.

Los compuestos organofosforados (COF) son sustancias muy liposolubles. Su volatilidad es variable, aunque se suelen utilizar como insecticidas organofosforados (IOF) los compuestos menos volátiles. Una vez que entran en un organismo vivo, poseen una corta vida media en el plasma y un elevado volumen de distribución en los tejidos. Los COF son atacados por una serie de enzimas (esterasas, enzimas microsomales, transferasas), fundamentalmente en el hígado, sufriendo una serie de transformaciones químicas. Estas

transformaciones tienden a aumentar la hidrosolubilidad del plaguicida, y por consiguiente facilitan su excreción. La fig. 3 representa el esquema básico del metabolismo de los organofosforados. Todos estos compuestos resultantes son solubles en agua y se eliminan por la orina y las heces (ver Fig. 4, con los principales alquilfosfatos). Pero a veces el metabolismo aumenta su toxicidad, como sucede con las formas oxón en que son transformadas el paratión y el malatión²³

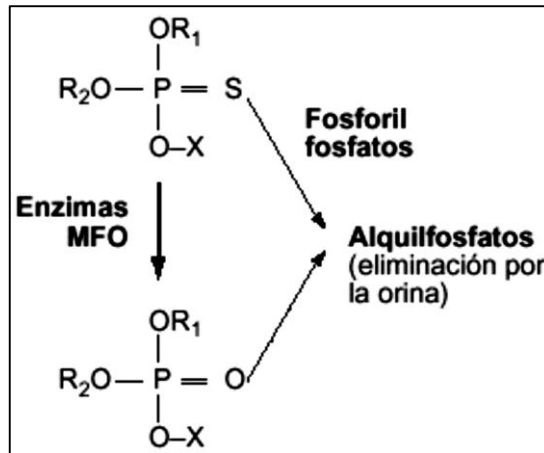


Figura 3. Esquema elemental del metabolismo de los organofosforados.¹⁹

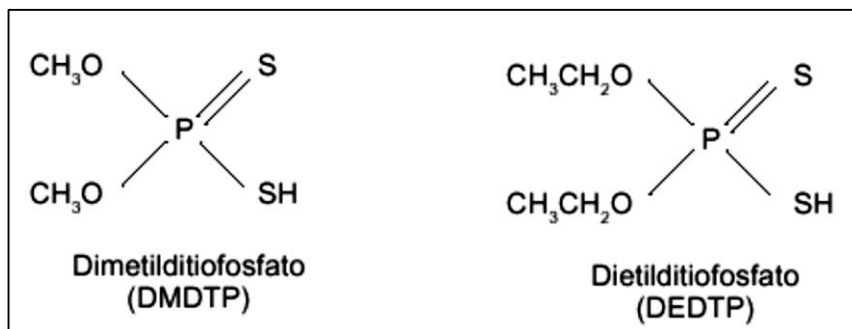


Figura 4. Estructura de los dialquiltiofosfatos, resultantes del metabolismo de los plaguicidas organofosforados.¹⁹

Los COF pueden producir cuatro tipos de efectos tóxicos:

- Inhibición de la enzima ACE, produciendo una sobre estimulación colinérgica, que será la que dominará el cuadro.
- Acción tóxica directa sobre distintos parénquimas, al igual que cualquier otro tóxico.
- Disfunción de la placa neuromuscular postsinaéptica, dando lugar al llamado "síndrome intermediario".
- Inhibición de la enzima esterasa neurotóxica (ENT), produciendo una neuropatía retardada (NR).

La acetilcolina actúa como neurotransmisor de todas las fibras autonómicas preganglionares, de todas las fibras parasimpáticas postganglionares y de algunas fibras simpáticas postganglionares; además es un neurotransmisor de la placa motora y de alguna sinapsis interneural del SNC. La enzima CE liberada desde las terminaciones nerviosas hidroliza la acetilcolina a dos fragmentos inactivos, colina y ácido acético.

La CE tiene un centro activo con dos sitios reactivos principales: un sitio aniónico (por el que se une a la acetilcolina), y un sitio estereásico (al que se une los COF). Hay dos tipos de CE: CE eritrocitaria (CEE) o verdadera (presente en eritrocitos y un tejido nervioso) y CE sérica (CES).

Tras la exposición a un COF éste o sus metabolitos se unen mediante su radical fosfórico al lugar estereásico de la CE, produciendo una inactivación de la misma, con la consiguiente sobre estimulación colinérgica. Tanto la CEE como la CES son inhibidos por los COF.

La unión COF-CE es inicialmente fuerte, aunque es todavía susceptible de ser reactivada mediante la administración precoz de unos fármacos denominados oxinas. En las primeras horas se producen unas reacciones químicas que hacen la unión COF-CE más estable, hasta quedar una unión irreversible que tarda entre 60 minutos y varias semanas en deshacerse. La velocidad de este proceso se denomina “envejecimiento de la enzima”, y varía en función de la estructura química del COF.

Al comienzo, la intensidad y la duración de los efectos toxicológicos que ocurren después de la intoxicación por COF vienen determinados en gran parte por la naturaleza del tóxico, su vía y velocidad de entrada en el organismo, su liposolubilidad y su velocidad de la degradación metabólica.

Los COF muy liposolubles pueden producir síntomas y signos de hiperactividad colinérgica durante un largo periodo de días o semanas, a pesar de un tratamiento aparentemente exitoso. Este fenómeno se debe al almacenamiento del COF en la grasa, en el tejido celular subcutáneo o en el tubo digestivo, de donde se siguen las liberaciones repetidas del mismo. Al proceso se le denomina “reintoxicación endógena”.

Unos pocos COF bicíclicos no inhiben la CE; son antagonistas específicos del gammaaminobutirato (GABA).²⁴

Toxicidad del Metamidofos

La toxicidad es la capacidad de una sustancia química de causar daños a los organismos vivos. Esta depende de la cantidad de la sustancia administrada o

absorbida y del tiempo expuesto a la misma. La correlación entre la exposición y la incidencia o el grado de severidad es llamada correlación-respuesta. Los plaguicidas pueden afectar directamente a los organismos vivos causando la muerte por su toxicidad aguda (efectos tóxicos observados con una exposición única de corta duración menos de 24 horas en animales de laboratorio), o afectando el crecimiento, la sobrevivencia por factores reproductivos u otras funciones según su toxicidad crónica. Los plaguicidas pueden afectar indirectamente a los organismos por alteración de otros que le sirven de alimento, o por afectar la calidad del hábitat.²⁰

De acuerdo con el tiempo de exposición para que se llegue a manifestar el efecto tóxico o de la duración del mismo, éstos se dividen en dos grupos: agudos y crónicos. También se considera tóxica una sustancia, si tiene el potencial de causar la muerte, lesiones graves, efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel. Se ha optado por una definición de toxicidad totalmente cualitativa para evitar análisis sofisticados de laboratorio para la clasificación de los residuos. Sin embargo, una definición más exacta requiere la utilización de límites cuantitativos de contenido de sustancias tóxicas como el que establecen la CL_{50} (concentración letal media que mata al 50% de los organismos de laboratorio).²⁰

El efecto tóxico, es el producido por uno o varios agentes tóxicos sobre un organismo, población o comunidad que se manifiesta por cambios biológicos. Su grado se evalúa por una escala de intensidad o severidad y su magnitud está relacionada con la dosis (cantidad de sustancia administrada, expresada generalmente por unidad de peso corporal) o la concentración (sustancia aplicada en el medio) del agente tóxico.²⁰

a. Concentración letal media (CL_{50})

La evaluación más común de la toxicidad es la medida de la letalidad a corto plazo. Para una sustancia dada, esta medida implica la determinación de la concentración media que es letal para una proporción fija del 50% de una población de prueba de organismos después de la exposición continua durante un tiempo de 24 a 96 horas. Esta concentración se interpola a partir de la curva sigmoidea de respuestas frente a una dosis dada, curva que se obtiene representando gráficamente el tanto por ciento de la mortalidad producida por una concentración dada frente a dicha dosis.²⁵

El valor de la concentración letal media (CL_{50}) se expresa en peso de sustancia por unidad de volumen de aire normal (miligramos por litro, mg/L); mientras que dosis letal media (DL_{50}) es la dosis individual de una sustancia que provoca la muerte del 50% de la población animal debido a la exposición a la sustancia por cualquier vía distinta a la inhalación, la cual es expresada por lo general como miligramos o gramos de material por kilogramo de peso del animal.²⁵

La máxima información que aporta la CL_{50} es una idea del orden de magnitud de la dosis letal en condiciones específicas, es decir que aporta una base, aunque sea aproximada, para la evaluación inicial del peligro probable que determina una sustancia tóxica y de los efectos de varios parámetros en su toxicidad.²⁵

b. Efecto toxicológico

El efecto toxicológico es en general el resultado final de una serie compleja de procesos. Solo podremos comprender la forma en que se produce si entendemos los procesos químicos en que se basa. Para esto es conveniente dividir la acción tóxica en tres fases, que se muestra a continuación.²⁵

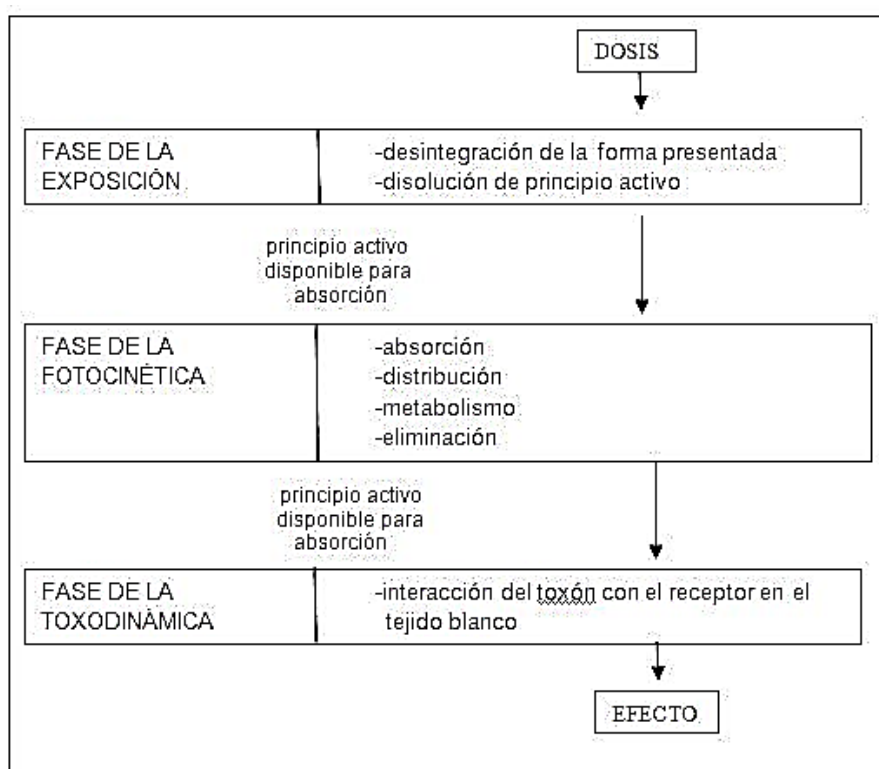


Figura 5. Fases del efecto toxicológico de plaguicidas en seres vivos.²⁵

2.3.7. Persistencia de los plaguicidas

Los plaguicidas son contaminantes persistentes que resisten en grado variable la degradación fotoquímica, química y bioquímica; por lo que su vida media en el ambiente puede ser elevada. El uso indiscriminado de estos compuestos ha

producido que en la actualidad se detecten residuos de estos en el ambiente y se asocien con riesgo potencial para la salud pública.²⁶

Actualmente, los residuos de estos plaguicidas han sido identificados en todos los comportamientos ambientales (aire, agua y suelo), en todas las regiones geográficas incluyendo aquellas muy remotas al sitio original de su liberación ambiental. Igualmente se han demostrado su presencia en organismos de todos los niveles tróficos, desde el plancton hasta las ballenas y los animales de ártico. Estos compuestos se bioacumulan en numerosas especies y se han biomagnificado a través de todas las redes tróficas del mundo. Los seres humanos no están exentos de esta contaminación y los plaguicidas se han podido identificar en diversos tejidos y secreciones humanas, inclusive de los habitantes de regiones muy aisladas.²⁶

2.3.8. Efectos en el ambiente de los plaguicidas

Los informes de la Naciones Unidas estiman que, de todos los plaguicidas usados en la agricultura, menos del 5% alcanzan los cultivos, el resto terminan contaminando la tierra, el aire y principalmente el agua; existe un gran problema de acumulación de consecuencias no predecibles en un futuro cercano.²⁷

Los plaguicidas causan alteraciones en los ecosistemas al actuar sobre la fauna y la flora, estos provocan una biomagnificación por el aumento de la concentración de estos compuestos químicos en la cadena trófica y la contaminación en lugares en donde nunca se han empleado; lo cual se atribuye a su capacidad de transportarse a grandes distancias, debido a su alta actividad biológica y en algunos casos a su persistencia en el ambiente.²⁸

El uso de diversas plaguicidas sin negar su contribución al incremento de la productividad agrícola a nivel mundial, contribuye a la contaminación del ambiente, afectando principalmente cuerpos de agua debido al uso indiscriminado e inadecuado de ellos, generando un grave desequilibrio en los ecosistemas, así como un incremento de la dependencia tecnológica, reducción de controladores biológicos, resistencia en insectos plaga, deterioro de los suelos y aumento en los costos de producción, sobre todo en países en desarrollo.²⁷

2.3.9. Toxicidad en ecosistemas acuáticos

La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que, debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación, sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes y productos agroquímicos, lo que también contribuye al deterioro de la calidad.²⁸

Los problemas del agua se centran tanto en la calidad como en la cantidad. La comunidad debe conocer la importancia de la "calidad" de la misma y esa misma comunidad de encargarse de su cuidado y preservación. Los primeros en contaminar las aguas son los pesticidas, llevados hasta los ríos por la lluvia y la erosión del suelo, cuyo polvo vuela hacia los ríos o el mar y los contamina. Además, los campos pierden fecundidad por abuso de las técnicas agrícolas. La sal que, acarreada en el invierno desde las rutas hasta los ríos, es otro factor envenenante.²⁷

Algunos organismos acuáticos tienen la capacidad de acumular metales sin que esto le cause un daño aparente, de esta forma, concentraciones de metales pueden ingresar a la cadena alimenticia y causar daños considerables.²⁸

2.3.10. Efecto sobre los organismos acuáticos

Los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan estas adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así, frente a una determinada alteración se encuentran organismos "sensibles" que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como "intolerantes", mientras que otros, que son "tolerantes" no se ven afectados. Si la perturbación llega a un nivel letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar es ocupado por comunidades de organismos tolerantes.²⁹

Cada especie en particular gracias a su conformación genética específica, está en la capacidad de sobrevivir únicamente dentro de determinados rangos ambientales. Aquellas que pueden soportar grandes espectros fisicoquímicos reciben el nombre de euríticas y por ello se presentan en un gran número de regiones geográficas o están ampliamente dispersas dentro de un mismo ecosistema. Contrariamente, las especies estenotípicas son aquellas cuyos rangos de tolerancia ambiental son estrechos y por ellos son indicadoras de una condición fisicoquímica concreta. De este modo, la presencia de una de estas especies señala condiciones ambientales particulares, o lo que es igual, al encontrarse una variable fisicoquímica en un rango definido, se sugiere su presencia o ausencia.³⁰

Las agallas de los animales acuáticos son órganos especializados en el intercambio de gases y presentan una estructura vascular. Además, diversos sistemas han sido desarrollados por distintos organismos para asegurar que el

agua que está en contacto con las agallas se intercambie de modo continuo con la del ambiente circundante. Por consiguiente, existe una alta probabilidad de que las sustancias tóxicas transportadas por el agua sean absorbidas por las agallas antes de ser absorbidas de otra manera.³¹

2.3.11. *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”

a. Ubicación taxonómica:

Según Blanco³² la “trucha arco iris” tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Animalia
Sub Reino	: Metazoos
Phylum	: Chordata
Sub Phylum	: Vertebrata
Clase	: Actinopterygii
Orden	: Salmoniformes
Familia	: Salmonidae
Género	: <i>Oncorhynchus</i>
Especie	: <i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre vulgar	: “Trucha arco iris”

b. Características generales de *Oncorhynchus mykiss*

Se caracteriza por tener el cuerpo cubierto con finas escamas de forma fusiforme y mucus, la coloración varía de acuerdo al ambiente en que vive, edad, sexo y otros factores como la influencia del medio ambiente que lo rodea; en riachuelos sombreados presenta color plomo oscuro, mientras que en estanques y jaulas flotantes al estar bien expuestos a los rayos solares ofrece una tonalidad más clara; de un color azulado a verde oliva en su parte superior o dorso, en las partes laterales una franja rojiza plateado iridiscente y con el abdomen blanco, además posee bastantes lunares negros y marrones en la piel por lo que también es llama pecosa.³³

c. Aspectos ecológicos de *Oncorhynchus mykiss*

El hábitat natural de la trucha son los ríos, lagos y lagunas de aguas frías, limpias y cristalinas; típicas de los ríos de alta montaña. La “trucha arco iris” prefiere las corrientes moderadas y ocupa generalmente los tramos medios de fondos pedregosos y de moderada vegetación. Son peces de agua frías, aunque el grado de tolerancia a la temperatura es amplio, pudiendo subsistir a temperaturas de 25°C durante varios días y a límites inferiores cercanos a la congelación.³⁴

d. Alimentación de *Oncorhynchus mykiss*

El alimento debe cubrir las necesidades de los peces tanto en lo que a energía se refiere, como a los diferentes tipos de aminoácidos y nutrientes que son requeridos para su desarrollo y crecimiento.³⁴

En la truchicultura se utilizan alimentos artificiales balanceados puesto que la “trucha arco iris” es una especie carnívora. Como nutrientes necesarios se puede citar proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, fibras y vitaminas.⁴²

La formulación del alimento y tasa de alimentación diaria se hace de acuerdo a los requerimientos del pez, tomando como referencia determinados parámetros como: tamaño, peso y estadio sexual del animal. Para estimar la cantidad de alimento a suministrar diariamente a un estanque o jaula, se debe tener en cuenta la temperatura del agua, estadio del pez, biomasa total por estanque. Hay que tener en cuenta que la calidad y rendimiento del alimento se puede medir a través del índice de conversión alimenticia (cantidad de alimento que come y se transforma en peso vivo).³⁴

e. Calidad de agua de *Oncorhynchus mykiss*

Es importante conocer la calidad de agua que estamos utilizando en la producción de truchas, ya sea en aguas lótica (ríos) o lénticas (lagos), las sus características físicas y químicas deben permitan desarrollar la truchicultura en forma sostenible.³⁴

La cantidad y calidad del agua determinan el éxito o fracaso de la actividad truchícola. En cuanto a la calidad del agua, esta se cuantifica a partir de la determinación de los factores físico-químico, los mismos hacen favorables o desfavorables desde el punto de vista técnico – económico el crecimiento de la trucha.³⁴

Tabla 6. Algunas propiedades fisicoquímicas del agua recomendadas para el cultivo de “trucha arco iris”.

Propiedades Fisicoquímicas	Rango Óptimo
Temperatura del agua	10 – 16°C
Oxígeno Disuelto	6,5 – 9 ppm
pH	6,5 – 8,5
CO ₂	< 7ppm
Alcalinidad	20 – 200 mg/L CaCO ₃
Dureza	60 – 300 mg/L CaCO ₃
NH ₃	No mayor de 0,02 mg/L
Nitratos	No mayor de 100 mg/L

Nitritos	No mayor de 0,055 mg/L
Nitrógeno amoniacal	No mayor de 0,012 mg/L
Fosfatos	Mayores de 500 mg/L
Sulfatos	Mayor de 45 mg/L
Fierro	Menores de 0,1 mg/L
Cobre	Menores de 0,05 mg/L
Plomo	0,03 mg/L
Mercurio	0,05 mg/L

Fuente: FONDEPES.³⁴

2.4. Marco Legal

Es conveniente armonizar las normas de registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola a nivel internacional, teniendo en cuenta las condiciones de salud, agronómicas, sociales, económicas y ambientales de los diversos países, con base en los principios establecidos en el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), y las directrices de los organismos internacionales competentes, que sean acordadas por los países miembros; que un sistema armonizado de registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola contribuyó a mejorar las condiciones de su producción, comercialización, utilización y disposición final de desechos en los países miembros, elevando los niveles de calidad, de eficacia y de seguridad para la salud humana y el ambiente. Entre los objetivos enmarcados establecer requisitos y procedimientos armonizados para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola, orientar su uso y manejo correctos para prevenir y minimizar daños a la salud y el ambiente en las condiciones autorizadas y facilitar su comercio en la subregión.

Los organismos internacionales que toman la responsabilidad de regular las diversas pesticidas mediante sus normativas correspondientes son:

- Comisión de Codex Alimentarius
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).
- Organización Mundial para la Salud (OMS).
- Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), México.
- Tratado de Estocolmo.
- Decisión 436 de la Comunidad Andina.

2.4.1. Normas de regulación nacional de los plaguicidas

Actualmente el registro de plaguicidas químicos de usos agrícolas están regulados por la Decisión 436 de la Comunidad Andina, Norma Andina para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola, y su Manual Técnico aprobado por Resolución 630 de la Secretaria General de la Comunidad Andina, los cuales son complementados con el Reglamento para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola , aprobado por el Decreto Supremo N° 16-2000-AG y sus normas modificatorias (Resolución Ministerial N° 476-2000-AG, Resolución Ministerial N° 639-2000-AG y Resolución Ministerial N° 1216-2001-AG). Los productos biológicos formulados se siguen regulando por lo normado en el Decreto Supremo N° 15-95-AG, Reglamento sobre el Registro, Comercialización y Control y Plaguicidas Agrícolas y Sustancias Afines.

El proceso de registro implica una evaluación administrativa, como son el cumplimiento de los requisitos documentarios y formalidades de carácter legal, y otra técnica, realizada por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) para los aspectos agronómicos y especificaciones técnicas, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de la Salud para los aspectos de toxicología humana e Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) en los aspectos ambientales.

En el Perú, el Metamidofos presenta registro para treinta productos comerciales (SENASA 2001). Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, el insecticida metamidofos es clasificado como un compuesto (extremadamente tóxico). Este plaguicida se encuentra entre uno de los plaguicidas de mayor uso en el Perú y es utilizado principalmente en el control de plagas en el suelo.

2.4.2. Plaguicidas agrícolas restringidas y prohibidas

La Organización Mundial para la Salud (OMS) y los órganos internacionales referidos al control y regulación de plaguicidas, así como también las autoridades nacionales, han recogido la preocupación relacionada con el impacto negativo de los plaguicidas a nivel agro y la salud de la población. A tal efecto logran definir el marco político-legal para indicar el proceso de reducción de uso de los plaguicidas y sentar las bases de la agricultura sostenible, regulando los siguientes plaguicidas: Aldrin, Captafol, Endrin, Clorobencilato, Dieldrin, Hexacloro, benceno, DDT, Parathion etílico, Parathion metílico, Monocrotofos, entre otros.

2.4.3. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

- En el Artículo 98° menciona que la conservación de los ecosistemas se orienta a conservar los ciclos y procesos ecológicos, a prevenir procesos de su fragmentación por actividades antrópicas y a dictar medidas de recuperación y rehabilitación, dando prioridad a ecosistemas especiales o frágiles.
- En el Artículo 114° menciona que el acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población. Corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares. En caso de escasez, el Estado asegura el uso preferente del agua para fines de abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.
- El artículo 120° menciona que el Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país. Asimismo, el Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su rehúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.
- En el Artículo 121° menciona que el Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental correspondientes y las normas legales vigentes.

2.4.4. Código Penal

En sus artículos 304° y 305° prohíben la contaminación por vertimiento de residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza con infracción de las normas ambientales y por encima de los límites máximos permisibles, que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos. El Artículo 307° prohíbe el vertimiento de desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir con las normas sanitarias y de protección al ambiente.

2.4.5. Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)

Regula el uso y gestión integrada de los recursos hídricos, que comprende agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta. Según el

ordenamiento legal peruano el agua es un recurso natural renovable que constituye patrimonio de la Nación y es un bien de uso público, cuya administración solo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación. En consecuencia, no hay propiedad privada sobre el agua, correspondiendo al Estado la asignación de derechos patrimoniales a particulares, condicionado a su disponibilidad.

El agua cuya regulación es materia de la Ley mencionada comprende lo siguiente:

- Los ríos y sus afluentes, desde su origen natural;
- La que discurre por cauces artificiales;
- La acumulada en forma natural o artificial;
- La que se encuentra en las ensenadas y esteros;
- La que se encuentra en los humedales y manglares;
- La que se encuentra en los manantiales;
- La de los nevados y glaciares;
- La residual;
- La subterránea;
- La de origen minero medicinal;
- La atmosférica; y
- La proveniente de la desalación

a. Clases de uso y orden de prioridad

La prioridad para el otorgamiento y el ejercicio de los usos sigue el siguiente orden:

Uso primario: que consiste en la utilización directa y efectiva del agua en sus fuentes naturales y cauces públicos con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias, comprendiendo su uso para la preparación de alimentos, consumo directo y el aseo personal, así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales. No requiere autorización administrativa.

Uso poblacional: Consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas (preparación de alimentos y aseo personal), se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgado por la Autoridad Nacional.

Uso productivo: Consiste en el uso del agua en procesos de producción o previos a los mismos, se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional. Siendo los tipos de uso productivo, en orden prioritario, los siguientes:

- Agrario: pecuario y agrícola

- Acuícola y pesquero
- Energético
- Industrial
- Medicinal
- Minero
- Recreativo
- Turístico
- Transporte

b. Protección del agua

La Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca e instituciones públicas competentes correspondientes, en el lugar sea en sus cauces naturales y artificiales controla supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA agua).

2.4.6. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo 015-2015-MINAM)

Establece el grado o el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, estos ECA son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en los diseños de normas legales y las políticas públicas, siendo también obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Las categorías de los ECA para agua son las siguientes:

Categoría 1. Poblacional y recreacional

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. - Incluye las aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección; las que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; y las que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Aguas superficiales destinadas para recreación. - Incluye las de contacto primario y las de contacto secundario.

Categoría 2. Actividades de Extracción y cultivo marino costeras

Extracción y continentales.

Extracción y cultivo de otras especies microbiológicas

Otras actividades

Categoría 3. Riego de vegetales y bebidas de animales

Vegetales de tallo alto y tallo bajo: Incluye iguales parámetros fisicoquímicos, inorgánicos, orgánicos y plaguicidas.

Vegetales de tallo bajo: Incluye parámetros biológicos más exigentes

Vegetales de tallo alto: Incluye parámetros biológicos menos exigentes que el de tallo bajo

Para bebida de animales

Categoría 4. Conservación del ambiente acuático

Lagunas y lagos

Ríos. Hace diferencia los de la costa y sierra con respecto a los de la selva.

Ecosistemas marino costeros. Hace diferencia a los estuarios de los ecosistemas marinos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se ejecutó en las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla” (PZ-LT) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, durante los meses de setiembre y diciembre del 2015.

3.1.1. Ubicación política

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Jesús Nazareno
Lugar : Parque Zoológico “La Totorilla”



Figura 6. Mapa de ubicación política del Parque Zoológico “La Totorilla”.

3.1.2. Ubicación geográfica

El Parque Zoológico “La Totorilla” se encuentra ubicado en el kilómetro 1.5 de la Vía de Evitamiento Juan Pablo II a diez minutos de la plaza Mayor de Huamanga. Se encuentra ubicado al Noreste de la capital de la provincia del mismo nombre, región Ayacucho.

Coordenadas Geográficas:

Latitud sur : 13° 09' 26"

Longitud oeste : 74° 13' 22"

Coordenadas proyectadas (UTM)

Este : 0624044

Norte : 8616591

Altitud : 2761 m.s.n.m.

Zona de Vida : estepa espinosa – Montano Bajo Subtropical (ee – MBS)

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Plaguicida Metamidofos expandido en la ciudad de Ayacucho.

3.2.2. Muestra

Se utilizó 350 mg/L de plaguicida Metamidofos.

3.2.3. Unidad experimental

Diez alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en un balde con diez litros de agua.

3.2.4. Sistema de muestreo

El sistema de muestreo fue aleatorio, a través del cual se tomó una muestra de 350 mg del plaguicida Metamidofos. Así mismo, la disposición de las unidades experimentales fue de manera aleatoria en la cual se sorteó la posición en la fila y la columna en el conjunto de los baldes con alevinos de *Oncorhynchus mykiss*.

3.3. Metodología y recolección de datos

El instrumento empleado para la recolección de datos de este estudio fue la observación, a través del cual se pudo determinar el número de alevinos muertos (no presentan movimiento al toque con un palo de brocheta) a 24 y 48 horas de exposición en las soluciones de diferentes concentraciones del plaguicida Metamidofos.

3.3.1. Obtención de alevinos de *Oncorhynchus mykiss*

Los alevinos de “trucha arco iris” fueron obtenidos del criadero comercial de la Laguna Yanacocha – Nevado de Razuhuillca, provincia de Huanta, ubicado al noreste de la ciudad de Ayacucho, los cuales fueron transportadas a las

instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla” en bolsas de polietileno y recipientes de baldes de 20 L de capacidad donde se introdujeron 50 alevinos en cada uno de los baldes. Cabe mencionar que dichos alevinos provienen de un solo lote a partir de ovas importadas de Norteamérica. Estos alevinos se obtuvieron a una edad aproximadamente de 30 días luego de haber absorbido su saco vitelino con un tamaño y peso aproximado de 2,5 a 2,8 cm y 2,0 a 3,0 g respectivamente. La hora de transporte desde la Laguna hacia el zoológico “La Totorilla” fue a las 8 am, haciendo una parada en la localidad de Las Vegas a las 8:40 am, para el revisado de las bolsas y aireado manual con ayuda de un pequeño recipiente, logrando así que se oxigenen las bolsas con los alevinos, llegando finalmente al zoológico a las 9 y 40 am.

3.3.2. Aclimatación de *Oncorhynchus mykiss*

Una vez arribado los alevinos de “trucha arco iris” al Parque Zoológico “La Totorilla” fueron aclimatados a las condiciones ambientales reinantes en el lugar por un tiempo de catorce días, para el cual se colocaron en los tanques de fibra de vidrio de 2500 L de capacidad, las que anticipadamente fueron limpiadas y desinfectadas. Durante el periodo de aclimatación los alevinos fueron alimentados con una ración balanceada ad-libitum, suspendiendo las mismas 24 horas antes de efectuarse el experimento para evitar que las excretas producidas interfirieran en los resultados del experimento. Además, en los tanques de fibra de vidrio se realizó su debido mantenimiento en forma periódica para evitar la producción de amonio, gases y la infección de los peces o en su defecto su muerte.

En este proceso de aclimatación, se evaluó las características fisicoquímicas del agua ingresante al tanque de fibra de vidrio, habiendo obtenido los parámetros como se muestra a continuación:

Tabla 7. Características fisicoquímicas del agua en el Parque Zoológico “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.

Parámetros	Datos
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	295,87
Dureza cálcica (mg/L Ca)	179,33
Dureza magnésica(mg/L Mg)	116,53
Cloruros (mg Cl/L)	33,60
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	52,00
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	0,53
pH	8,84
SDT (mg/L)	384,87

3.3.3. Preparación de las soluciones de Metamidofos

Las concentraciones que un inicio se mencionaron en el proyecto de investigación no presentaron los resultados que se esperaba, por lo que se tuvo que probar diferentes concentraciones antes del experimento, es así que se realizó pruebas piloto, a partir de los cuales se determinó las concentraciones que se muestran en la Tabla 8. Por otro lado, se consideró que los tratamientos estuvieran constituidos por recipientes conteniendo cuatro concentraciones crecientes de plaguicida Metamidofos más un testigo, para así obtener resultados más representativos en el experimento.

Tabla 8. Disposición y distribución de las unidades experimentales según las diferentes concentraciones del plaguicida Metamidofos

Recipiente	N° de individuos (alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Concentración de Metamidophos (mg/L)	N° de recipientes (repeticiones)
Testigo	10	0,0	4
1	10	13,5	4
2	10	16,5	4
3	10	19,5	4
4	10	22,5	4

Las soluciones del plaguicida Metamidofos estuvieron preparadas en las concentraciones señaladas a pocos minutos de iniciar el bioensayo.

3.3.4. Preparación de las unidades experimentales

Para la realización de los bioensayos de toxicidad se emplearon 20 unidades experimentales (incluidos cuatro testigos) constituidas cada uno por diez alevinos de *Oncorhynchus mykiss* (número recomendado para estudios de toxicidad en la que se emplea como modelos a organismos como insectos, anfibios y peces) con diez litros de agua en un balde de plástico de 20 L de capacidad. Es importante mencionar que la ubicación de las unidades experimentales en el ambiente de trabajo fue aleatoria, del mismo modo el proceso de siembra de alevinos al inicio del experimento.

El experimento se llevó a cabo sin considerar el recambio de agua, por lo que cada unidad experimental presentó un ingreso de aire a través de una piedra difusora y bombeada por un aireador.

Con la finalidad de minimizar el efecto de factores no considerados (luz, ruido, etc.) en el estudio, las unidades experimentales fueron ubicadas en un ambiente aislado, el mismo que facilitó su evaluación. Dicho ambiente aislado fue

constituido por un estanque vacío de concreto implementado con una cubierta tipo invernadero al cual solo tuvo acceso el personal investigador.

3.3.5. Recolección de datos

Teniendo ya preparado las unidades experimentales con diferentes concentraciones del plaguicida Metamidofos, se colocaron en cada uno de los recipientes, diez alevinos de “trucha arco iris” aproximadamente a las 18 horas; considerando así a la hora mencionada como el inicio del proceso experimental, a partir del cual se realizaron las inspecciones cada 12 horas, con la finalidad de determinar el número de alevinos muertos en cada unidad experimental y con la ayuda de unas brochetas se tocaron aquellos alevinos inmóviles, siendo considerados como muertos y estos fueron extraídos de cada uno de los recipientes. Las inspecciones se realizaron con el mismo procedimiento mencionadas líneas arriba, a las 12; 24; 36 y 48 horas, registrándose en una ficha de datos tal como se observa en el Anexo 1.

3.4. Tipo de investigación

El tipo de investigación realizada fue básica – experimental. Se consideró básica, ya que la principal contribución es la de generar nuevos conocimientos sobre el efecto del plaguicida Metamidofos en los organismos acuáticos, tomando como modelo a los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”. Y la investigación del tipo experimental se realizó debido a que se manipuló la variable independiente (04 concentraciones crecientes del plaguicida Metamidofos) para ver su efecto sobre la variable dependiente (mortalidad de alevinos de *Oncorhynchus mykiss*).

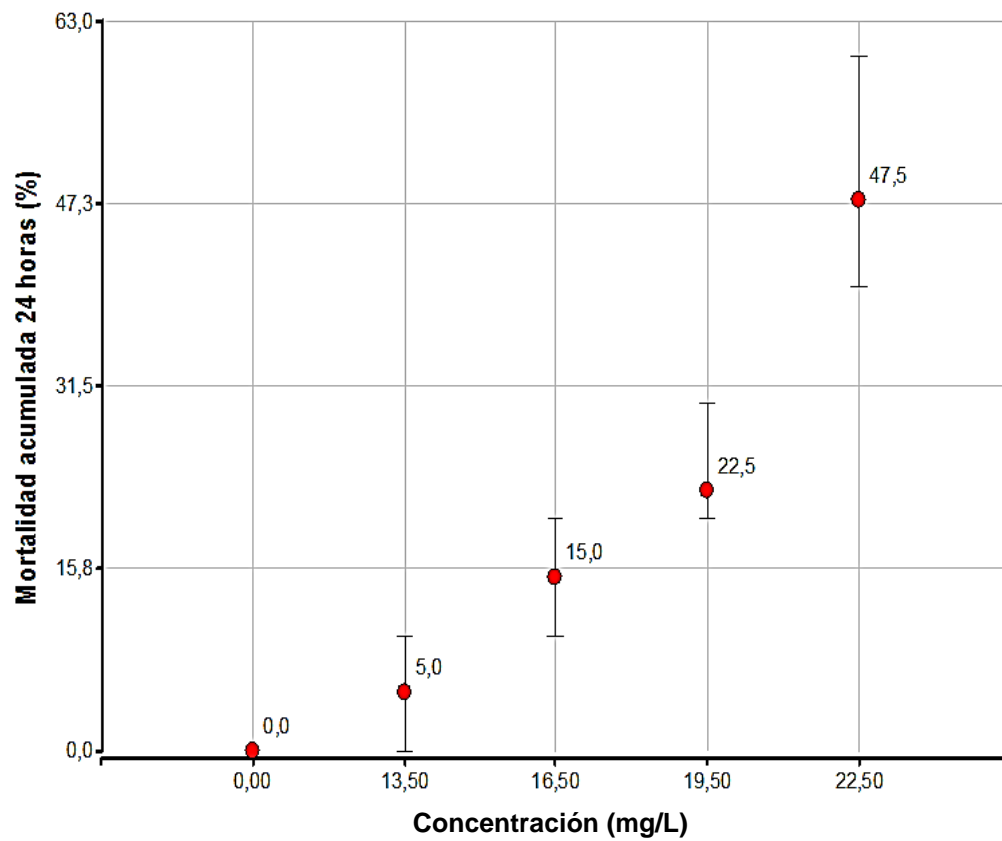
3.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron utilizados para la construcción de una matriz de datos en el software Excel, para luego ser exportados a InfoStat y MINITAB 16, a partir de los cuales se crearon tablas y figuras en los que se presentan estadísticos de tendencia central y de dispersión.

Con la finalidad de comparar las mortalidades registradas de los alevinos en los 8 tratamientos (cuatro concentraciones crecientes del plaguicida Metamidofos y dos tiempos de exposición) más un testigo, se empleó el análisis de Kruskal-Wallis, debido a que los datos <no mostraron distribución normal.

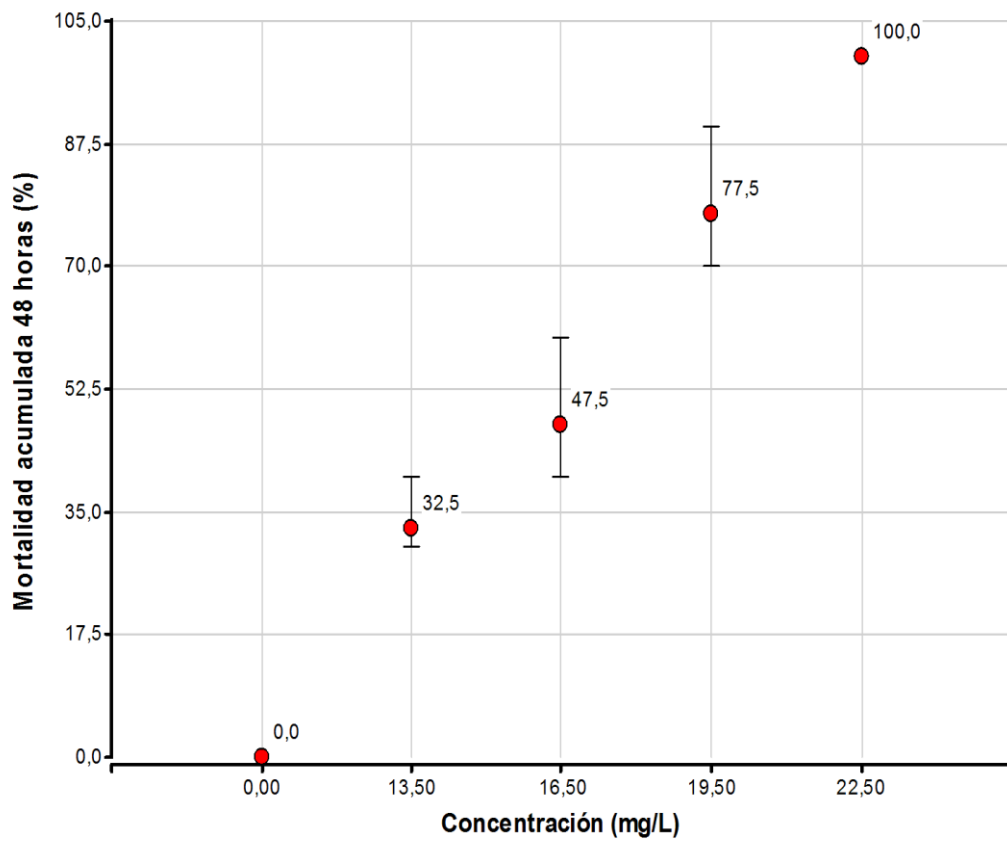
Para la estimación de la Concentración Letal Media (CL_{50}), se empleó la metodología de Probit para el cual se empleó el software MINITAB 16 para realizar los análisis estadísticos señalados.

IV. RESULTADOS



H= 16,44; P= 0,0017

Figura 7. Valores medios, máximos y mínimos de mortalidad acumulada de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" a las 24 horas de exposición al plaguicida Metamidofos. Ayacucho, 2015.



H= 18,07; P= 0,001

Figura 8. Valores medios, máximos y mínimos de mortalidad acumulada de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" a las 48 horas de exposición al plaguicida Metamidofos. Ayacucho, 2015.

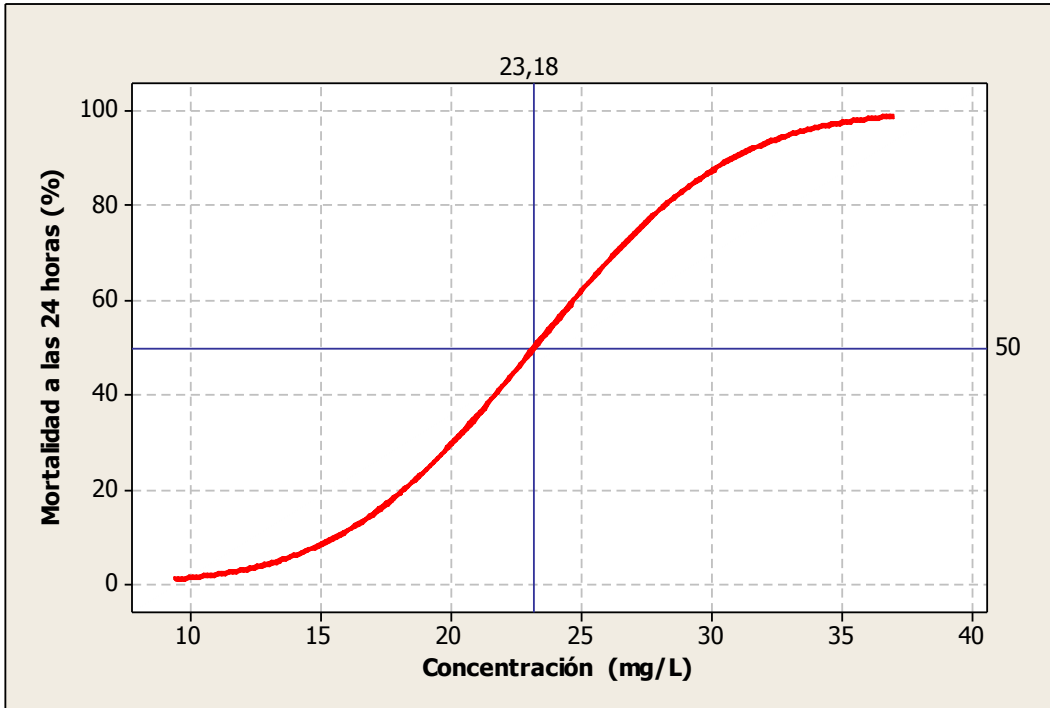


Figura 9. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" en función de las concentraciones del plaguicida Metamidofos y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

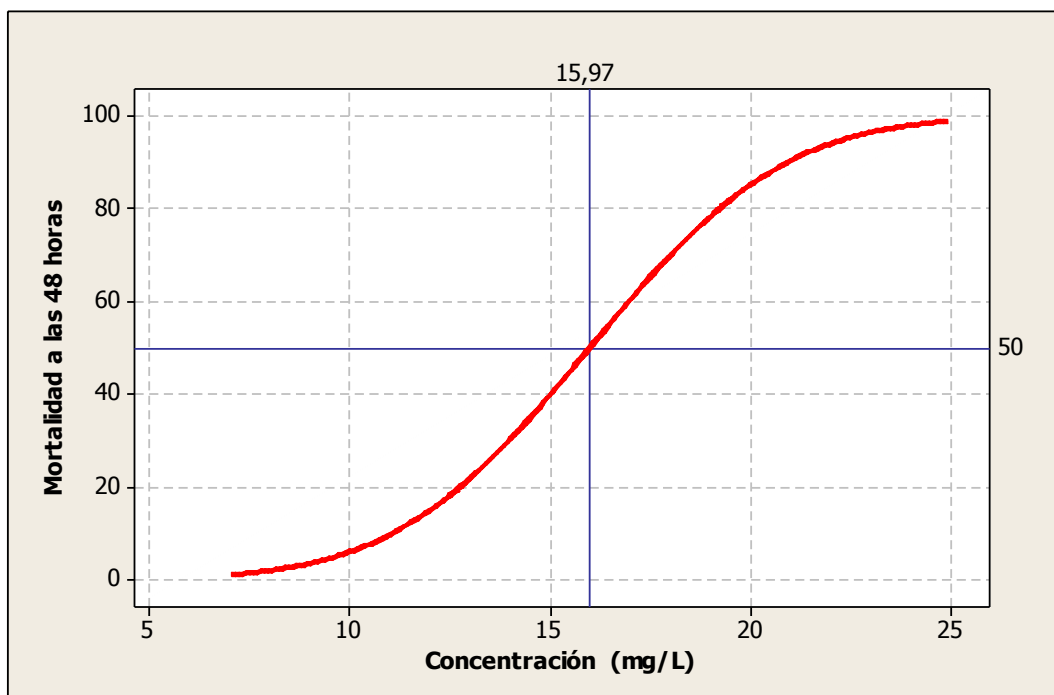


Figura 10. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en función de las concentraciones del plaguicida Metamidofos y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

Tabla 9. Valores de la Concentración Letal Media (CL₅₀) y los intervalos de confianza a las 24 y 48 horas de exposición para el plaguicida Metamidofos sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss*. Ayacucho, 2015.

Tiempo de exposición	CL ₅₀	Intervalo de Confianza (95%)	
		Inferior	Superior
24 h	23,18	21.4747	26.8262
48 h	15,97	14.9186	16.8472

CL₅₀: Concentración Letal Media

DISCUSIÓN

En la Figura 7, se muestra los valores medios de la mortalidad acumulada de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” registrados a las 24 horas de exposición del plaguicida Metamidofos y un testigo. Teniendo estos resultados se observa que la mortalidad se incrementa a medida que las concentraciones del Metamidofos incrementa, es así que a una concentración de 13,50; 16,50 y 19,50 mg/L se registra mortalidades de 5,0; 15,0 y 22,5% respectivamente; mientras que para la concentración 22,50 mg/L representa la mayor concentración registrando así el 47,5% de mortalidad, cabe resaltar que en el testigo no se registró mortalidad alguna, lo que indica que la mortalidad está dado por la presencia del plaguicida; al ser altamente tóxico con los organismos según la clasificación por su estructura y su modo de acción tóxico como es el caso de los insecticidas organofosforados como el metamidofos tal como menciona García³⁵. Al realizar la prueba estadística de Kruskal-Wallis (se realiza esta prueba debido a que los datos no mostraron distribución normal) para comparar la mortalidad acumulada registrada en las diferentes concentraciones, se halló significancia estadística ($p < 0,05$) la misma que se puede observar en el anexo 2, esto nos permite afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados en cada concentración son diferentes. Al realizar la clasificación en función a la mortalidad registrada, se observa que las concentraciones de 13,50 y 16,50 mg/L originaron menor mortalidad mostrando porcentajes de 5,0% y 15% en comparación con las concentraciones de 19,50 y 22,50 mg/L que mostraron mortalidades de 22,5% y 47% respectivamente; obteniendo de estas últimas una diferencia significativa. Estos resultados se deben a que el plaguicida Metamidofos afecta directamente a los organismos con el cual se pone en contacto, debido a que el Metamidofos inhibe la enzima acetilcolinesterasa (AChE) una enzima que hidroliza el neurotransmisor acetilcolina afectando la actividad neurológica de los

organismos.³⁵ La respuesta de los organismos empleados en este experimento (alevinos de “trucha arco iris”) fue la que se esperaba ya que los alevinos de “trucha arco iris” son organismos “sensibles” por lo tanto no soportan las nuevas condiciones impuestas por el plaguicida Metamidofos comportándose como “intolerantes” siendo afectados hasta llevarlos a la muerte.¹¹ Los porcentajes de mortalidad aumentan debido a que las concentraciones de Metamidofos se incrementan en cada una de las concentraciones crecientes, es así que existe una relación entre la dosis y el tiempo de exposición, es decir a mayor concentración del Metamidofos mayor será la mortalidad y viceversa; debido a que su toxicidad, está relacionado con la inhibición de la acetilcolinesterasa (AChE) en el tejido nervioso, la enzima que se encarga de la destrucción y la terminación de la actividad biológica de la neurotransmisor acetilcolina (ACh). Con la acumulación de la acetilcolina libre, no unida, en las terminaciones nerviosas de todos los nervios colinérgicos, hay estimulación continua de la actividad eléctrica. Presentando los signos y síntomas de intoxicación por el metamidofos.²⁴

En la Figura 8, se observa los valores medios de la mortalidad acumulada de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” registrados a las 48 horas de exposición del plaguicida Metamidofos y un testigo. Del mismo modo como se había señalado anteriormente se observa que la mortalidad aumenta a medida que las concentraciones del Metamidofos se incrementan, siendo el caso de la concentración de 13,50 y 16,50 mg/L se registraron mortalidades de 32.5 y 47.5% respectivamente; mientras que para las concentraciones de 19,50 y 22,50 mg/L se registraron 77,5 y 100% de mortalidad respectivamente, es de notar que en el testigo no se registró mortalidad alguna, lo que indica que la mortalidad está dado por la presencia del plaguicida. Al realizar la prueba estadística de Kruskal-Wallis para comparar la mortalidad acumulada registrada en las diferentes concentraciones, se halló significancia estadística ($p < 0,05$) la misma que se puede observar en el anexo 3, llegando a afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados son diferentes en los medios con diferente concentración. Al llevar a cabo la clasificación en función a la mortalidad registrada, se observa que las concentraciones de 13,50 y 16,50 mg/L originaron menor mortalidad en los alevinos en comparación con las concentraciones de 19,50 y 22,50 mg/L respectivamente, siendo la última la que tuvo el 100% de mortalidad. Según Eissa *et al.*,³⁶ la mortalidad de los peces está influenciada y determinada por la concentración del contaminante químico y el tiempo de exposición a este,

demostrando que estas características son factores determinantes de la toxicidad de los peces. Así mismo es necesario resaltar que las branquias de los peces, como el que presentan los alevinos de *Oncorhynchus mykiss*, son órganos especializados en el intercambio de gases e iones, presentando una estructura muy vascularizada, participando en el intercambio de dichos componentes, por consiguiente las sustancias tóxicas transportadas por el agua son absorbidas por las branquias, llegando a causar la mortalidad inmediata, tal como lo menciona Saglio *et al.*,³⁷ por otra lado el plaguicida Metamidofos pertenece a la familia de los organofosforados, interaccionando con la acetilcolina, por lo tanto inhibe competitivamente la actividad colinesterásica comportándose como sustancias anticolinesterásicas. Además, Cisneros,¹⁰ menciona que la enzima acetilcolinesterasa, es la responsable de la destrucción y terminación de la actividad biológica del neurotransmisor acetilcolina en el espacio sináptico, al estar esta enzima inhibida altera el funcionamiento normal del impulso nervioso.

Comparando los resultados de los tiempos de exposición del plaguicida se obtiene que en las 24 horas y en las diferentes concentraciones; los organismos presentaron una mortalidad del 5,0%; 15,0%; 22,5% y 47,5% respectivamente, mientras que los resultados que arrojaron en las 48 horas mostró un mayor porcentaje en cuanto a la mortalidad registrando 32,5%; 47,5%; 77,5% y 100% respectivamente, mostrando así que el tiempo de exposición define el grado de toxicidad ante el plaguicida Metamidofos. Resultados que coinciden con lo que menciona Hurtado,³⁸ quien sustenta que a altas dosis del plaguicida genera alteraciones sensoriales, incoordinación y depresión respiratoria en organismos vivos, generalizando la depresión respiratoria como una causa principal en la mortalidad de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss*.

En la Figura 9, muestra la tendencia de mortalidad acumulada teórica de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en función de las concentraciones del plaguicida Metamidofos, del mismo modo presenta el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 24 horas de exposición. Se observa que a menores concentraciones del plaguicida, la mortalidad es mínima hasta llegar a valores entre 13,50 y 16,50 mg/L, en donde se incrementa notablemente. Asimismo se observa que a una concentración de 23,18 mg/L del plaguicida, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Metamidofos, mueren a las 24 horas de exposición. Del mismo modo realizando una comparación con una investigación similar realizado por Vallejo⁸ mostrando una

tendencia diferente con respecto a la concentración letal media (CL₅₀), obteniendo un resultado de 14,57 mg/L para el plaguicida Furadán, siendo notorio la diferencia con el resultado que se obtuvo con el Metamidofos que fue de 23,18 mg/L, en cuanto a la concentración media letal a las 24 horas. Mostrando que el plaguicida Metamidofos presenta menor toxicidad que el plaguicida furadan.

En la Figura 10, presenta la tendencia de la mortalidad acumulada teórica de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" en función de las concentraciones del plaguicida Metamidofos y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 48 horas de exposición. Donde se muestra que la mortalidad se incrementa a medida que la concentración del plaguicida también se incrementa. Del mismo modo a una concentración de 15,97 mg/L del plaguicida, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Metamidofos, mueren a las 48 horas de exposición. De la misma forma realizando una comparación con una investigación similar realizado por Vallejo⁸ mostrando una tendencia diferente con respecto a la concentración letal media (CL₅₀), obteniendo un resultado de 9,61 mg/L para el plaguicida Furadán, siendo notorio la diferencia con el resultado que se obtuvo con el Metamidofos que fue de 15,97 mg/L en cuanto a la concentración media letal a las 48 horas. Mostrando que el plaguicida Metamidofos presenta menor toxicidad que el plaguicida furadan.

En la Tabla 9, se muestra los valores de las concentraciones letales medias (CL₅₀) con sus intervalos de confianza a las 24 y 48 horas de exposición para el plaguicida Metamidofos sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss*. De acuerdo a los valores hallados se puede apreciar que la concentración letal media (CL₅₀) para las 24 horas se registró 23,18 mg/L a diferencia de la investigación de Miglio¹ donde registró la dosis letal media (CL₅₀) para las 24 horas que fue de 60,11 mg. También se realiza una comparación con el trabajo de investigación de Iannacone donde señala que la dosis letal media del metamidofos en los organismos del caracol dulceacuícola *Physa venustula* registrando a las 24 horas 1 791 mg/L. Mostrando en los registros variaciones completamente diferentes.

Con respecto a la dosis letal media a las 48 horas se registró un valor de 15,97 mg/L. en comparación con los resultados de Miglio¹ que indica una dosis letal media de 31,08 mg /L, mientras que Iannacone señala 391,33 mg/L. Es esta posición también se muestran variaciones muy diferentes con respecto a la dosis letal media para las 24 y 48 horas. Acotando que a mayores horas de exposición, la concentración letal media (CL₅₀) disminuye. Estos resultados hallados son

congruentes con lo descrito anteriormente, donde el plaguicida Metamidofos originó mortalidades de alevinos “trucha arco iris”, Cabe resaltar que, a medida que el tiempo de exposición se incrementa, los valores de la CL_{50} disminuye, interpretando que, cuanto más es el tiempo de exposición a una sustancia tóxica, mayor será el efecto tóxico causante. Generando un problema que existe actualmente en cuanto a la contaminación ambiental ocasionando mucha preocupación sobre los efectos adversos de agentes químicos ambientales sobre los sistemas biológicos. Es el caso de los compuestos organofosforados comúnmente utilizados en agricultura.³⁹

Siendo así se realizó la experimentación para monitorear estos efectos donde se utilizó el Metamidofos que es un compuesto organofosforado comúnmente usado para el control de plagas en la agricultura. Sin embargo su acción también afecta a otros organismos que comparten el mismo ecosistema⁴⁰.

V. CONCLUSIONES

1. Los porcentajes de mortalidad de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” se incrementan a medida que las concentraciones de Metamidofos también se incrementan, siendo este comportamiento semejante a 24 y 48 horas de exposición. Obteniendo los resultados para las 24 horas en las concentraciones (13,5; 16,5; 19,5; y 22,5) de 5%, 15%, 22,5% y 47,5% respectivamente mientras que en la exposición de las 48 horas se obtuvo mayor mortalidad arrojando los siguientes datos: 32,5%, 47,5%, 77,5% y 100% respectivamente.
2. La concentración letal media (CL_{50}) hallada para el plaguicida Metamidofos fue de 23,18 para 24 horas de exposición y 15,97 para 48 horas de exposición respectivamente sobre alevinos *Oncorhynchus mykiss*.
3. La mortalidad de alevinos *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”, registrada en las distintas concentraciones del plaguicida Metamidofos son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$), resultando mayor la mortalidad a mayores concentraciones. De la misma forma, se observa que el valor de la concentración letal media (CL_{50}), tiende a disminuir a medida que el tiempo de exposición se incrementa.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar experimentos similares en diferentes regiones del país, para corroborar los resultados obtenidos en la presente investigación.
2. Se sugiere realizar trabajos de investigación en el cual se pueda determinar los efectos crónicos o sub letales en los organismos modelos, como por ejemplo a nivel de las branquias e hígado, ya que por lo general las concentraciones de los contaminantes en un medio no alcanzan grandes concentraciones, sin embargo son persistentes en el tiempo.
3. Evaluar el efecto de diferentes combinaciones de plaguicidas que frecuentemente se observa en los campos agrícolas que de alguna manera son finalmente eliminados a los ecosistemas como ríos, suelo, lagunas, etc.
4. Finalmente se recomienda realizar evaluaciones del riesgo-beneficio de los plaguicidas usados en la actualidad para poder así recomendar su uso y desuso a favor de sustitutos adecuados. Además se debe hacer cumplir las leyes referentes al uso de plaguicidas prohibidos y restringidos, la dosis adecuada, niveles permisibles de estos en los cultivos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Miglio M, Galecio F, Mamani N. Efecto de los plaguicidas metamidofos y carbofurán sobre alevinos de “trucha arco iris” *Oncorhynchus mykiss*. Junín, Perú. Diciembre 2005.
2. Iannacone J, Alvariano L, Namani N. Estimación de la toxicidad combinada de mezclas de Furadán® 4F y Monofos® sobre *Oncorhynchus mykiss*. Lima, Perú. Mayo 2010.
3. Layme Arone YM. Niveles de actividad de la colinesterasa sérica en agricultores expuestos a plaguicidas organofosforados y carbamatos en el Valle de Compañía [tesis pregrado]. Ayacucho; 2010.
4. Barrios C, Gamez V. Determinación de la concentración letal media del glifosato Roundup por medio de bioensayos utilizando alevinos de “trucha arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*). Bogotá, Colombia. Diciembre 2008.
5. Czajkowska A., Walter Z. Effect of malathion on nucleic acid synthesis in phytohemagglutinin-stimulated human lymphocytes. Hum. Genet. 56: 189-194, 1980.
6. José Iannacone O, Cecilia Caballero R, Lorena Alvariano F. Empleo del caracol de agua dulce *Physa venustula* Gould como herramienta ecotoxicologica para la evaluación de riesgos ambientales por plaguicidas. 2002 abril [inter]; Publicado en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072002000200004&script=sci_arttext&tlng=pt
7. Rayme Chalco C. Respuesta toxicológica de alevinos de trucha”arco iris” *Oncorhynchus mykiss* frente a dos detergentes comerciales en cuatro concentraciones. Ayacucho [tesis pregrado], 2014
8. Vallejo Vilca N, Efecto toxicológico agudo del plaguicida Furadán sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss* trucha “arco iris”. Ayacucho [tesis pregrado] 2015.
9. Spinoza, N. O. & Bustos-Obregón, E. Toxicidad y riesgo ambiental por efecto de insecticidas organofosforados sobre reproductor macho de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*): Int. J. Med. Surg. Sci., 2(4):723-729, 2015.
10. Cisneros VF. Control químico de las plagas agrícolas. Sociedad Entomológica del Perú; 2012. 288 p.
11. Gutiérrez JB, Salsamendi AL de C. Fundamentos de Ciencia Toxicológica. Ediciones Díaz de Santos; 2001. 372 p.
12. Cisneros VF. Control químico de las plagas agrícolas. Sociedad Entomológica del Perú; 2012. 288 p.
13. Ministerio de la Agricultura (MINAG). Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). Importación de plaguicidas de uso agrícola, 2012.
14. Fernández N, Pujol E, Maher E. Los plaguicidas aquí y ahora. Ministerio de Educación de Buenos Aires, Argentina; 2012. 270 p.
15. Organización Mundial de la Salud. Caracterización de peligros en los alimentos y agua. Informe de un grupo científico de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas. Zuisa, Ginebra. Serie de informes técnicos. [Internet].2003. Disponible en:
<http://www.who.int/foodsafety/publication/micro/en/spanish.pdf>.
16. Wood A. Compendio de los nombres comunes de los pesticidas. Universidad de Minnesota; 2004. 310 p
17. Villanueva JJ. Toxicología y manejo de insecticidas. México. Colegio de postgraduados; 1994. 263 p.
18. Fernández N, Pujol E, Maher E. Los plaguicidas aquí y ahora. Ministerio de Educación de Buenos Aires, Argentina; 2012. 270 p.

19. Henao S y Corey G. Plaguicidas inhibidores de la colinesterasa. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. ECO/OPS/OMS, serie vigilancia 11, Metepec, México; 1991.
20. Ficha técnica del Metamidofos. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina (RAP-AL) [Internet]. Publicado en: www.rap-al.org/articulos_files/metamidofos_Enlace_82.pdf
21. Villanueva JJ. Toxicología y manejo de insecticidas. México. Colegio de postgraduados; 1994. 263 p.
22. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Curso de autoinstrucción en diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. [Internet]. Publicado en: <http://bvsvde.per.paho.org/tutorial2/e/unidad2/index.html>.
23. Maldonado A, Martínez L. Impacto de las fumigaciones aéreas en las bananeras de Las Ramas, Salitre, Guayas. Red Acción Ecológica. [Revista en internet]. 2007. Disponible en: <http://www.rap-al.org/db-files/Plagui-AL-infoPA-Ecuador>.
24. Curtis D. Klaasssen, Jhon B. Watkins III. Manual de toxicología. México. 2001.
25. Lehmann PA y Simonis AM. Introducción a la toxicología general. México. Editorial Diana S.A. 200 p.
26. Organización Mundial de la Salud. Caracterización de peligros en los alimentos y agua. Informe de un grupo científico de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas. Zuisa, Ginebra. Serie de informes técnicos. [Internet]. 2003. Disponible en: <http://www.who.int/foodsafety/publication/micro/en/spanish.pdf>.
27. Souza CS. La problemática del uso de plaguicidas en Argentina. ECOTIMES. [Revista en internet]. 2007. Disponible en: <http://www.rap-al.org/articulos-files/Plaguicidas-Argentina.pdf>.
28. Sivigila. Informe de intoxicaciones por plaguicidas. Grupo factores de riesgo y control en salud pública. 2010.
29. Roldan G. Fundamentos de Limnología Neotropical. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.; 1992.
30. Díaz-Báez MC, López MCB, Ramírez AJE. Pruebas de toxicidad acuática: fundamentos y métodos. Univ. Nacional de Colombia; 2004. 128 p
31. Duffus JH. Toxicología Ambiental. Ediciones Omega, S.A.; 1983. 210 p.
32. Cachafeiro Blanco C. La trucha: cría industrial. España: Mundi Prensa Libros S.A.; 1984. 503 p.
33. Anatomía y Fisiología de la Trucha. [Internet]. Publicado en: <http://www.revistaaquatic.com/asociaciones/PirineosPesca/docs/anatomia.pdf>
34. FONDEPES. Manual de Cultivo de Truchas Arco Iris en Jaulas. Gerencia de acuicultura. Lima, Perú: Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero - FONDEPES; 2004.
35. García, G. J. E., La caja de Pandora de los plaguicidas. Rev. Acta Académica, 42: 101-129, 2008.
36. Eiissa, B. L., Ferrari, L., Osanna, N. A. y Salibian, A. 2006. Biomarcadores etológicos no invasivos de estrés ambiental: estudio comparativo en dos teleósteos de ecosistemas de la región pampeana argentina. Rev. Toxicol. 23: 11-16.
37. Saglio P, Trijasse S, Azam P. Efectos conductuales de carbofurano transmitidas por el agua en peces de colores goldfish. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. [revista en Internet] 1996 agosto. [acceso 15 de julio 2015]; 31 (2). Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00212371>.
38. Hurtado CM, Gutiérrez SM. Enfoque del paciente con intoxicación aguda por

plaguicidas organofosforados y carbamatos. Revista de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá [Internet].2005. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-00112005000400006&script=sci_arttext.

39. Toppari, J.; Larsen, J. C.; Christiansen, P.; Giwercman, A.; Grandjean, P.; Guillette, L. J. Jr.; Jégou, B.; Jensen, T. K.; Jouannet, P.; Keiding, N.; Leffers, H.; McLachlan, J. A.; Meyer, O.; Müller, J.; RajpertDe Meyts, E.; Scheike, T.; Sharpe, R.; Sumpter, J. & Skakkebaek, N. E. Male reproductive health and environmental xenoestrogens. *Environ. Health Perspect.*, 104(Suppl. 4):741-803, 1996.
40. Yasmin, S. & D'Souza, D. Effects of Pesticides on the Growth and Reproduction of Earthworm: A Review. *App. Environ. Soil Sci.*, 2010:678360, 2010.

ANEXOS

Anexo 1

Registro de datos (tratamientos, hora y mortalidad) en el proceso experimental del plaguicida Metamidofos sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss*. Ayacucho, 2015.

	Concentración (mg/L)	Rept.	18H		24H		36H		48H	
			12:00 pm		6:00 p.m.		6:00am		6:00 p.m.	
			N° de Muertos		N° de Muertos		N° de Muertos		N° de Muertos	
METAMIDOFOS	13.50	1	0	0	0	0	1	3		
	13.50	2	0	1	1	1	2	4		
	13.50	3	0	0	0	0	0	3		
	13.50	4	0	1	1	1	1	3		
	16.50	1	0	2	2	2	3	6		
	16.50	2	0	1	1	1	3	5		
	16.50	3	0	2	2	2	2	4		
	16.50	4	0	1	1	1	2	4		
	19.50	1	1	3	3	3	5	9		
	19.50	2	0	2	2	2	4	7		
	19.50	3	0	2	2	2	3	8		
	19.50	4	0	2	2	2	4	7		
	22.50	1	1	4	4	4	5	10		
	22.50	2	3	6	6	6	8	10		
	22.50	3	2	5	5	5	6	10		
	22.50	4	0	4	4	4	6	10		
	0,00	1	0	0	0	0	0	0		
	0,00	2	0	0	0	0	0	0		
	0,00	3	0	0	0	0	0	0		
	0,00	4	0	0	0	0	0	0		

Anexo 2

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" sometidos a cuatro concentraciones crecientes del plaguicida Metamidofos registrados a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

Variable	Concentración (mg/L)	N	Medias	H	p
Mortalidad acumulada 24 horas	0	4	0	16,44	0,0017
Mortalidad acumulada 24 horas	13,5	4	5		
Mortalidad acumulada 24 horas	16,5	4	15		
Mortalidad acumulada 24 horas	19,5	4	22,5		
Mortalidad acumulada 24 horas	22,5	4	47,5		

Trat.	Ranks			
0	3,5	A		
13,5	6	A	B	
16,5	10,75	A	B	C
19,5	13,75		B	C
22,5	18,5			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 3

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" sometidos a cuatro concentraciones crecientes del plaguicida Metamidofos registrados a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

Variable	Concentración (mg/L)	N	Medias	H	p
Mortalidad acumulada 48 horas	0	4	0	18,07	0,001
Mortalidad acumulada 48 horas	13,5	4	32,5		
Mortalidad acumulada 48 horas	16,5	4	47,5		
Mortalidad acumulada 48 horas	19,5	4	77,5		
Mortalidad acumulada 48 horas	22,5	4	100		

Trat.	Ranks			
0	2,5	A		
13,5	6,75	A	B	
16,5	10,25	A	B	
19,5	14,5		B	C
22,5	18,5			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4

Percentiles (concentración letal media en mg/L) del plaguicida del Metamidofos sometidas a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis Probit. Ayacucho, 2015.

Porcentaje	Percentil	Error estándar	IC fiducial de 95%	
			Inferior	Superior
1	9,41657	2,27997	1,62578	12,5894
2	11,0299	1,93951	4,45769	13,7516
3	12,0535	1,72779	6,24572	14,4977
4	12,8235	1,5717	7,58424	15,0655
5	13,4498	1,44744	8,66742	15,533
6	13,983	1,34413	9,58423	15,936
7	14,4504	1,25587	10,3832	16,2944
8	14,8689	1,1791	11,0936	16,6201
9	15,2496	1,11153	11,7349	16,9212
10	15,6	1,05159	12,3202	17,2033
20	18,2036	0,72597	16,3866	19,5828
30	20,081	0,728348	18,7042	21,9132
40	21,6852	0,901563	20,2362	24,3526
50	23,1845	1,14432	21,4747	26,8262
60	24,6839	1,42514	22,629	29,3839
70	26,2881	1,74701	23,8188	32,1655
80	28,1655	2,13868	25,1805	35,4518
90	30,7691	2,69595	27,0403	40,0378
91	31,1195	2,77173	27,289	40,6566
92	31,5001	2,85421	27,5589	41,329
93	31,9187	2,94508	27,8553	42,0688
94	32,3861	3,04676	28,1859	42,8954
95	32,9192	3,16296	28,5626	43,8387
96	33,5456	3,29975	29,0045	44,9474
97	34,3156	3,46828	29,5471	46,3111
98	35,3392	3,69284	30,2674	48,125
99	36,9525	4,04777	31,4007	50,9858

Anexo 5

Percentiles (concentración letal media en mg/L) del plaguicida Metamidofos sometidas a las 48 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis Probit. Ayacucho, 2015.

Porcentaje	Percentil	Error estándar	IC fiducial de 95%	
			Inferior	Superior
1	7,08427	1,57701	2,71467	9,48877
2	8,12645	1,42403	4,1919	10,3038
3	8,78768	1,32784	5,12741	10,8227
4	9,28509	1,25605	5,83003	11,2142
5	9,6897	1,19807	6,40072	11,5334
6	10,0341	1,14907	6,88578	11,8059
7	10,336	1,1064	7,31048	12,0453
8	10,6064	1,06846	7,69022	12,2603
9	10,8523	1,0342	8,0351	12,4562
10	11,0786	1,00289	8,35211	12,6371
20	12,7606	0,779448	10,689	13,9996
30	13,9733	0,635043	12,3398	15,0163
40	15,0096	0,532713	13,7061	15,9293
50	15,9782	0,466848	14,9186	16,8472
60	16,9467	0,443191	16,0372	17,859
70	17,983	0,47164	17,1127	19,0628
80	19,1958	0,563306	18,2419	20,6011
90	20,8777	0,750898	19,6784	22,864
91	21,104	0,779246	19,8653	23,175
92	21,3499	0,81061	20,0671	23,514
93	21,6203	0,845703	20,2878	23,888
94	21,9223	0,885557	20,533	24,307
95	22,2666	0,931751	20,8111	24,7864
96	22,6712	0,986886	21,136	25,3514
97	23,1687	1,05574	21,5334	26,0481
98	23,8299	1,14876	22,0586	26,9773
99	24,8721	1,29798	22,8811	28,447

Anexo 6

Obtención de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” del criadero comercial de la Laguna Yanacocha– Nevado de Razuhuilca, provincia de Huanta. Ayacucho, 2015.



Anexo 7.

Aclimatación de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” al Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.



Anexo 8.

Tesista preparando la solución madre para diferentes concentraciones del plaguicida Metamidofos en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.



Anexo 9.

Unidades experimentales en el área de estudio con las concentraciones respectivas del Metamidofos en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.



Anexo 10.

Captura de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” y procedimiento de agregación a los recipientes con contracciones diferentes de metamidofos en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.



Anexo 11.

Medida del tamaño de los alevines muertos en el experimento con el plaguicida Metamidofos. Ayacucho, 2015.



Anexo 12.

Análisis físico-químico de agua del parque zoológico "La Totorilla". Ayacucho, 2015.



Anexo 13.

Etiqueta del plaguicida Metamidofos.

"LEA ESTA HOJA INFORMATIVA ANTES DE USAR EL PRODUCTO"

"MANTÉNGASE BAJO LLAVE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS"

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO Y APLICACIÓN:

- Ningún envase que haya contenido plaguicidas debe utilizarse para conservar alimentos o agua para consumo.
- Después de usar el producto cámbiese, lave la ropa contaminada y bñese con abundante agua y jabón.
- Este producto puede ser mortal si se ingiere.
- El producto puede ser letal si es inhalado.
- No respire las partículas de la aspersión.
- El producto es irritante para los ojos.
- El producto es nocivo por ingestión, contacto con la piel o por inhalación.
- No almacenar en casas de habitación.
- No comer, beber o fumar durante las operaciones de mezcla y aplicación.
- Evite el consumo de bebidas alcohólicas antes, durante y por lo menos 3 horas después de la aplicación.
- Los menores de edad no deben manipular o aplicar este producto.
- No almacenar ni transportar conjuntamente con alimentos, medicinas, bebidas ni forrajes.
- Utilice el equipo de protección durante la mezcla y aplicación (guantes de goma, delantal, botas de goma, gafas, careta, gorro, máscara contra el polvo, respirador u otros) y para ingresar al área tratada en las primeras 48 horas.
- No debe transportarse con productos de consumo humano o animal
- Conservar el producto en el envase original, etiquetado y cerrado.
- Realice la aplicación siguiendo la dirección del viento.

Características del equipo y ropa de protección: Los operarios deberán llevar equipos de aplicación y ropa protectora en perfectas condiciones. Finalizado el trabajo, lave prolijamente la ropa contaminada (por separado) y enjuague con abundante agua. Antes de quitarse los guantes, lavarlos con agua y jabón. No emplear sin previo lavado, ropa que haya tenido contacto con el producto en tratamientos anteriores.

Almacenamiento: Almacenar el producto en sus envases originales, etiquetado y debidamente

cerrados en lugares secos y ventilados, bajo llave, fuera del alcance de los niños y animales domésticos. No reenvasar o depositar el contenido en otros envases. No utilizar, derramar o almacenar el producto cerca de fuentes de calor o fuego.

PRIMEROS AUXILIOS:

- En caso de intoxicación llame al médico inmediatamente, o lleve el paciente al médico y muéstrele la etiqueta y esta Hoja Informativa.

- No dar de beber nada ni induzca el vómito a un paciente que se encuentre inconsciente. Síntomas de Intoxicación: dolor de cabeza, vértigo, debilidad, constricción de las pupilas, visión borrosa, excesiva salivación, sudoración, calambres abdominales, náusea y vómito.

Instrucciones de primeros auxilios en caso de:
Inhalación: Mantener al paciente al aire libre, en reposo y abrigado, hasta que llegue el médico.

Ingestión: Inducir el vómito introduciendo un dedo en la garganta o dando de beber agua tibia con sal. Suministrar carbón activado para evitar que el tóxico continúe siendo absorbido por las paredes estomacales. No suministrar morfina, teofilina, aminofilina, barbitúricos o fenotiazinas. No dar de beber leche ni productos que contengan aceites. No suministrar bebidas alcohólicas al paciente ya que el alcohol promueve la absorción del tóxico. Lavar el estómago con bicarbonato de sodio al 5% si no vomita. **Contacto con la piel:** Lavar con abundante agua y jabón. **Contacto con los ojos:** Lavar con solución isotónica salina.

ANTÍDOTO: Aplicar sulfato de atropina. La medida de la actividad del colinesterasa en la sangre puede ser útil para supervisar la exposición. **Pralidoxima** (2-PAM o PROTOPAM) también es antídoto pero debe ser usado conjuntamente con la atropina. **No suministrar atropina a un paciente cianótico.**

RECOMENDACIONES AL MÉDICO: Asegúrese de que las vías aéreas estén despejadas. Intube al paciente y aspire las secreciones con un tubo de succión. Si la respiración se deprime, adminístrele oxígeno a través de ventilación pulmonar mecánicamente. Administrar sulfato de atropina vía intravenosa o intramuscular a la dosis de 2 a 4 mg (adultos y niños mayores de 12 años) repetidos cada 15 minutos hasta que las secreciones pulmonares sean controladas y se observen señales de atropinización (piel hiperémica, bocas seca, pupilas dilatadas,

taquicardia). Mantener la atropinización en dosis recurrentes hasta cuando los síntomas se mantenga estables durante por lo menos 6 horas. En caso de edema pulmonar y oxigenación pobre deberá tratarse como síndrome de depresión respiratoria aguda. Se recomienda mantener al paciente en observación por lo menos durante 72 horas

Teléfono de emergencia: CICOTOX: 0800-13040 ó 3287398, ESSALUD: 0801-10200, TQC S.A.: (01) 6126565

CONDICIONES DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE:

- Después de usar el contenido, destruya este envase y deposítelo en los sitios destinados por las autoridades locales para este fin.
- Ningún envase que haya contenido plaguicidas debe utilizarse para conservar alimentos o agua para consumo.
- Tóxico para el ganado. Peligroso para los animales domésticos, la fauna y la flora silvestre.
- Tóxico para las abejas.
- No aplicar el plaguicida en horas de fuerte viento, para evitar la deriva hacia áreas vecinas.
- En caso de derrame recoger el producto y depositarlo en el sitio destinado por las autoridades locales para este fin
- No contaminar las fuentes de agua con los restos de la aplicación o sobrantes del producto.

Instrucciones del lavado de los equipos de aplicación: Una vez terminado el trabajo, los equipos y utensilios de aplicación deberán lavarse prolijamente con abundante agua, llenando y vaciando los tanques por tres veces en lugares ya tratados. **Disposición de envases vacíos:** No reutilice los envases vacíos. Después de usar el contenido, enjuague tres veces este envase y vierta la solución en la mezcla de aplicación y luego inutilícelo triturándolo y perforándolo, y deposítelo en el lugar destinado por las autoridades locales para este fin. **Evitar daño a la fauna benéfica:** Aplíquese únicamente como se especifica en la etiqueta. No aplicar durante los periodos de florecimiento y de vuelo de abejas. **Manejo de derrames:** En caso de derrames, absorba el producto inmediatamente con aserrín o tierra, recoja el material absorbente, colóquelo en una bolsa y deposítelo en el sitio destinado por las autoridades locales para este fin. Limpie el área contaminada con agua.

STERMIN® 600 SL

PLAGUICIDA QUÍMICO DE USO AGRÍCOLA
INSECTICIDA AGRÍCOLA - ORGANOFOSFORADO
CONCENTRADO SOLUBLE - SL
Reg. N° 321-96-AG-SENASA

Nombre común del ingrediente activo (ISO):

Methamidophos..... 600 g/L

Nombre químico (IUPAC):

O,S - dimethyl phosphoramidothioate

Fórmula estructural:



METHAMIDOPHOS

Formula empírica: C₂H₅NO₂PS

Peso molecular: 141.1 g

Apariencia: Líquido viscoso

Color: Incoloro a ligeramente ámbar

Olor: Pungente

Densidad: 1.2 - 1.3 g/ml

pH = 2.0 - 4.5

Inflamabilidad: No inflamable

Explosividad: No explosivo

Corrosividad: No corrosivo

Estabilidad del almacenamiento: El producto es estable como mínimo 24 meses.

Contenido de otros componentes: Dietilenglicol.

Presentaciones: Frascos x 250 ml, 500 ml, 1 L, 4 L, 20 L, 200 L.

"VENTA SÓLO POR PRESCRIPCIÓN DE UN INGENIERO AGRÓNOMO"

Títular del Registro y Formulator:

TQC Tecnología Química y Comercio S.A.
Calle René Descartes N° 311
Urb. Santa Raquel 2ª Etapa,
Ate. Lima - Perú.
Telf.: 612-6565 Fax: 348-1020

Distribuido por:

TALEX PERÚ S.A.C.

Calle René Descartes N°311,
Urb Sta. Raquel 2da Etapa. Ate. Lima-Perú
Telf.: 612-6565



**ALTAMENTE PELIGROSO
TÓXICO**

**“ADVERTENCIA: USO PERMITIDO SOLO EN LOS CULTIVOS Y PLAGAS AUTORIZADOS”
“CONSULTE CON UN INGENIERO AGRÓNOMO”**

USO ESPECÍFICO Y DOSIS:

CULTIVO	PLAGA		DOSIS		P.C. (días)	L.M.R (ppm)
	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	L/ha	m/cil 200 L		
PAPA	"Pulgón"	<i>Myzus persicae</i>	1,0-1,5	400-600	21	0,05
	"Mosca minadora"	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	2,0	800		
	"Gorgojo de los Andes"	<i>Premnotrypes suturicallus</i>	1,5-2,0	600-800		
MARIGOLD	"Mosquilla del ovario"	<i>Prodioplosis longifilla</i>	1,0-1,5	500-750	21	0,5
MAIZ	"Cogollero"	<i>Spodoptera frugiperda</i>	1,0-1,5	400-600	21	0,5

P.C.= Período de carencia

L.M.R.= Límite máximo de residuos

Volumen de aplicación: 400 L/ha.

Frecuencia y época de aplicación: Realizar la aplicación cuando se presente la plaga a controlar. Repetir si fuera necesario cuando se observe una reinfestación, con un intervalo de 7 a 12 días.

Mecanismo y modo de acción: Insecticida que actúa por ingestión y contacto; y aunque posee propiedades sistémicas, su patrón de absorción por la planta es tal que parte del insecticida permanece también sobre la superficie del cultivo. Inhibe la enzima acetil colinesterasa en la sinapsis nerviosa de los insectos.

Compatibilidad: Es incompatible con los plaguicidas de reacción alcalina.

Fitotoxicidad: No es fitotóxico en las dosis y cultivos recomendados.

Efectos sobre otros cultivos: Ninguno **Efectos sobre cultivos sucesivos:** Ninguno.

Numero máximo de aplicaciones sucesivas/cosecha/campaña/año: 1 aplicación.

Métodos de aplicación: Las aplicaciones foliares pueden hacerse con cualquier equipo de aspersión terrestre, en forma uniforme, procurando cubrir todo el follaje. Para su preparación verter la dosis indicada en un tercio del total de agua, agitar y completar el resto de agua.

Equipo de aplicación y su calibración: Los equipos de aplicación deben estar en perfectas condiciones. Asegúrese que los equipos de aplicación no goteen o tengan escape del preparado. Revise los filtros, boquillas, mangueras, empaques, ajustes de las mangueras, palanca y émbolo

para que funcionen con precisión antes de comenzar los trabajos.

Tamaño de gota: fina.

Periodo de reingreso: No ingresar al área tratada antes de las 48 horas de la aplicación.

Intervalo anterior de la cosecha: 21 días.

“Lávese las manos después de usar el producto”

“Peligroso para los peces, no contaminar lagos, ríos, estanques o arroyos con los desechos o envases vacíos”

“No contamine los cuerpos de agua ni la vegetación no objetivo, mediante la aplicación directa, la deriva de las aspersiones , o cuando se limpie o enjuague el equipo de aplicación”

“Nocivo para el ganado, manténgalo fuera de las zonas tratadas, al menos durante 14 días después de la aplicación”

“Tóxico para las abejas, no aplicar durante los períodos de florecimiento y de vuelo de abejas”

Responsabilidad Civil: “El titular del registro garantiza que las características físico químicas del producto contenido en este envase, corresponden a las anotadas en la etiqueta y que es eficaz para los fines recomendados, si se usa y maneja de acuerdo con las indicaciones e instrucciones dadas”.



Anexo 14.
Matriz de Consistencia

TITULO: Respuesta toxicológica de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* a la acción del plaguicida metamidofos. Ayacucho 2015
AUTOR: Bach. Illanes Flores, Yanet Eliana **ASESOR:** Dr. Carrasco Badajoz, Carlos Emilio

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál será la respuesta toxicológica de 04 concentraciones crecientes (13,50; 16,50; 19,50 y 22,50 mg/L) del plaguicida Metamidofos en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” en la ciudad de Ayacucho durante el año 2015?	<p>Objetivos generales:</p> <p>Evaluar la respuesta toxicológica de alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> a la acción del plaguicida metamidofos a cuatro concentraciones crecientes (13.5, 16.5, 19.5 y 22.5 mg/L) en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas), en la ciudad de Ayacucho durante el año 2015.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>6. Determinar el porcentaje de mortalidad de alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris”, sometidas a cuatro concentraciones crecientes de 13.5, 16.5, 19.5 y 22.5 mg/L del plaguicida Metamidofos a 24 y 48 horas de exposición.</p> <p>7. Calcular la concentración letal media (CL₅₀) de 04 concentraciones crecientes (13.5, 16.5, 19.5, 22.5 mg/L) del plaguicida Metamidofos en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas) de exposición sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris”.</p> <p>8. Comparar la mortalidad y la concentración letal media (CL₅₀) de 04 concentraciones crecientes (13.5, 16.5, 19.5, 22.5 mg/L) generado por el plaguicida Metamidofos en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris”</p>	<p>Ecosistemas acuáticos</p> <p>Contaminación de ecosistemas acuáticos</p> <p>Toxicidad en ecosistemas acuáticos</p> <p>Efecto de la contaminación sobre los organismos acuáticos</p> <p>Características generalidades del plaguicida Metamidofos</p> <p>Toxicidad de plaguicida</p> <p>Toxicidad aguda</p> <p>Efecto de plaguicidas sobre el ambiente biótico.</p> <p>La “trucha arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i></p> <p>Calidad de agua</p>	<p>A mayor concentración del plaguicida Metamidofos y mayor tiempos de exposición, mayor es la mortalidad y menor la concentración letal media (CL₅₀) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” en la ciudad de Ayacucho.2015.</p>	<p>Variable independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plaguicida Metamidofos <p>Indicador: o4 concentración crecientes (13,50; 16,50; 19,50 y 22,50 mg/L)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de exposición al plaguicida <p>Indicador: 24 y 48 horas</p> <p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mortalidad <p>Indicador: Porcentaje de mortalidad de alevinos de <i>O. mykiss</i> muertos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentración letal media (CL₅₀) <p>Indicador: mg/L del plaguicida Metamidofos</p>	<p>Tipo de investigación: Básica</p> <p>Nivel de investigación: Experimental básica</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Muestreo: Aleatorio</p> <p>Técnicas: Observación Determinación</p> <p>Instrumentos: Observación</p>