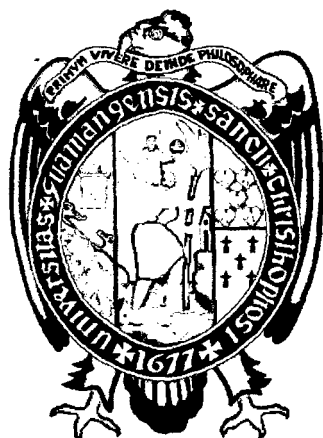


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Efecto toxicológico agudo del plaguicida Furadán
sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha
arco iris”. Ayacucho 2015.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA**

**EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y RECURSOS
NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. VALLEJO VILCA, Nélida

AYACUCHO – PERÚ

2015

Tesis
B734
Val
Ej. 2

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Bachiller: Nélida VALLEJO VILCA

R. D. N° 200 – 2015 – UNSCH – FCB – D (22 set. 2015)

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro y diez minutos de día veintinueve del mes de setiembre de dos mil quince, se reunieron los miembros del Jurado evaluador MS. Elmer Ávalos Pérez como presidente encargado y miembro del Jurado calificador, Mg. Saturnino Martin Tenorio Bautista, Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz y Blgo. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui participando los tres últimos como miembros del Jurado Evaluador. Considerando al Dr. Carlos Carrasco Badajoz como Asesor, para recepcionar la sustentación de la Tesis de la Bachiller en Ciencias Biológicas Nélida Vallejo Vilca, con el trabajo de Tesis: Efecto toxicológico agudo del plaguicida Furadán sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris". Ayacucho 2015., con la finalidad de obtener el Título Profesional de Bióloga en la Especialidad de Ecología y Recursos Naturales.

El presidente de la Comisión ordenó la lectura de la Resolución Decanal y el documento de encargo para la ceremonia de sustentación, verificada la documentación se procedió al acto, invitando el presidente (e) a la Srta. sustentante inicie con la sustentación en un lapso de cuarenta y cinco minutos. Culminada la sustentación el presidente invitó a la sustentante y público asistente abandonar el auditorium para las deliberaciones respecto a la calificación por parte del miembro Jurado Evaluador. Al finalizar resultó la evaluación tal como sigue:

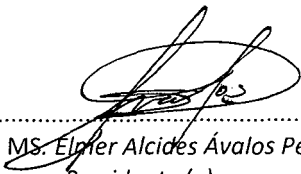
MIEMBRO JURADO	EXPOSICIÓN	RPTA A PREGUNTAS	PROMEDIO
MS. Elmer A. Ávalos Pérez	17	15	16
Blgo. Walter W. Ochoa Yupanqui	18	18	18
Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz	18	18	18
Mg. Saturnino M. Tenorio Bautista	16	16	16
PROMEDIO			17

Alcanzando una nota promedio de Diecisiete (17). El presidente (e) invitó a la Blga. invitar a la sustentante y al público asistente ingresar al auditorium, haciendo partícipe de la decisión del Jurado Evaluador como Aprobada por unanimidad.

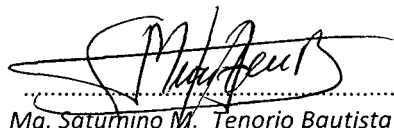
Luego invitó a la Srta. sustentante para colocar la medalla de la Universidad y ser considerada como una nueva profesional y finalmente se culminó con la Juramentación.

El presidente (e) señaló que se debe restringir el uso del Furacán, por lo que es necesario realizar actividades de control biológico.

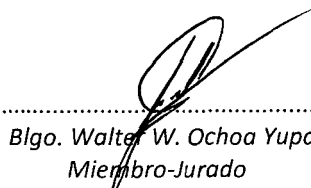
El acto finalizó siendo las siete (7:00) p.m. y en señal de conformidad se firma al pie del presente.



MS. Elmer Alcides Ávalos Pérez
Presidente (e)



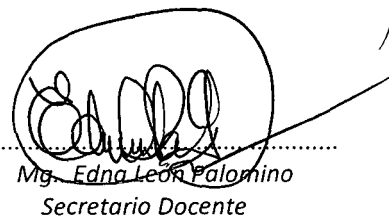
Mg. Saturnino M. Tenorio Bautista
Miembro-Jurado



Blgo. Walter W. Ochoa Yupanqui
Miembro-Jurado



Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz
Miembro-Asesor



Mg. Edna León Palomino
Secretario Docente

A mi hija Nayely Nelyta, mi principal motivación. A mis padres por su apoyo incondicional, quienes me demostraron que en esta vida las metas que uno se plantean siempre se logra alcanzar con esfuerzo y dedicación.

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

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	9
2.2.1. Plaguicida	9
2.2.2. Toxicidad	10
2.2.3. Efecto toxicológico	10
2.2.4. Concentración Letal Media (CL ₅₀)	10
2.2.5. Mortalidad	10
2.2.6. Porcentaje de mortalidad	10
2.2.7. Tiempo de exposición	10
2.2.8. Bioensayos	10
2.2.9. Acetilcolina	10
2.3. Bases teóricas	11
2.3.1. Los plaguicidas	11
2.3.2. Carbofurano (carbamatos)	12
2.3.3. Características generales del Furdán (i.a. carbofurano)	14
2.3.4. Mecanismo de acción del Neurotransmisor Acetilcolina.	15
2.3.5. Mecanismo de acción del plaguicida Furdán (i.a. carbofurano).	18
2.3.6. Toxicidad del Carbofurano	19
2.3.7. Persistencia de los plaguicidas	22
2.3.8. Efectos en el ambiente de los plaguicidas	23
2.3.9. Toxicidad en ecosistemas acuáticos	24
2.3.10. Efecto sobre los organismos acuáticos	24
2.3.11. La "trucha arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i>	25
2.4. Marco Legal	27

2.4.1. Normas de regulación nacional de los plaguicidas	28
2.4.2. Plaguicidas agrícolas restringidas y prohibidas	28
2.4.3. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)	29
2.4.4. Código Penal	29
2.4.5. Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)	30
2.4.6. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo 002-2008-MINAM)	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. Ubicación de la zona de estudio	33
3.1.1. Ubicación política	33
3.1.2. Ubicación geográfica	34
3.2. Población y muestra	34
3.2.1. Población	34
3.2.2. Muestra	34
3.2.4. Sistema de muestreo	34
3.3. Metodología y recolección de datos	34
3.3.1. Obtención de alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i>	34
3.3.2. Aclimatación de <i>Oncorhynchus mykiss</i>	35
3.3.3. Preparación de las soluciones de Furadán	36
3.3.4. Preparación de las unidades experimentales	36
3.3.5. Recolección de datos	37
3.4. Tipo de investigación	37
3.5. Análisis estadístico	37
IV. RESULTADOS	39
V. DISCUSIÓN	47
VI. CONCLUSIONES	51
VII. RECOMENDACIONES	53
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	59

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.	11
Tabla 2. Nivel de peligrosidad de los plaguicidas según la Organización Mundial de la Salud.	12
Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su estructura química.	12
Tabla 4. Usos agrícolas y su dosificación respectiva del carbofurano (Furadán).	14
Tabla 5. Ficha técnica del plaguicida Furadán® 4F (i.a. carbofurano).	15
Tabla 6. Algunas propiedades fisicoquímicas del agua recomendadas para el cultivo de "trucha arco iris".	27
Tabla 7. Características fisicoquímicas del agua en el Parque Zoológico "La Totorilla". Ayacucho, 2015.	35
Tabla 8. Disposición y distribución de las unidades experimentales según las diferentes concentraciones del plaguicida Furadán.	36
Tabla 9. Valores de la Concentración Letal Media (CL ₅₀) y los intervalos de confianza a las 24, 48 y 72 horas de exposición para el plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> . Ayacucho, 2015.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura básica de los carbamatos.	13
Figura 2. Estructura básica de la acetilcolinesterasa.	16
Figura 3. Transmisión nerviosa en la sinapsis colinérgica.	18
Figura 4. Fases del efecto toxicológico de plaguicidas.	22
Figura 5. Mapa de ubicación política del Parque Zoológico "La Totorilla".	33
Figura 6. 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 Furadán (i.a. carbofurano). Ayacucho, 2015.	39
Figura 7. 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 Furadán (i.a. carbofurano). Ayacucho, 2015.	40
Figura 8. Valores medios, máximos y mínimos de mortalidad acumulada de alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arco iris" a las 72 horas de exposición al plaguicida Furadán (i.a. carbofurano). Ayacucho, 2015.	41
Figura 9. Tendencia promedio de la mortalidad acumulada de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arco iris" en cuatro concentraciones crecientes a las 24, 48 y 72 horas de exposición del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano). Ayacucho, 2015.	42
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 Furadán (i.a. carbofurano) y el valor de la concentración letal media (CL ₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	43
Figura 11. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arco iris" en función de las concentraciones del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) y el valor de la concentración letal media (CL ₅₀) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	44

Figura 12 Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los 45
alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" en
función de las concentraciones del plaguicida Furadán (i.a.
carbofurano) y el valor de la concentración letal media (CL₅₀)
a las 72 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Registro de datos (tratamientos, fecha, hora, temperatura del agua y mortalidad) en proceso experimental del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> . Ayacucho, 2015.	61
Anexo 2. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para los porcentajes de mortalidad de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” sometidos a las concentraciones del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) registrados a las 24, 48 y 72 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	62
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 Furadán (i.a. carbofurano) registrados a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	63
Anexo 4. 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 Furadán (i.a. carbofurano) registrados a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	64
Anexo 5. 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 Furadán (i.a. carbofurano) registrados a las 72 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	65
Anexo 6. Percentiles (concentración letal media en mg/L) del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) sometidas a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis Probit.	66
Anexo 7. Percentiles (concentración letal media en mg/L) del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) sometidas a las 48 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis Probit.	67

Anexo 8. Percentiles (concentración letal media en mg/L) del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) sometidas a las 72 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis Probit.	68
Anexo 9. Obtención de alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” del criadero comercial de la Laguna Chacaccocha – Nevado de Razuhuillca, provincia de Huanta. Ayacucho, 2015.	69
Anexo 10. Aclimatación de los alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” al Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	70
Anexo 11. Tesista preparando la solución madre para diferentes concentraciones del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	71
Anexo 12. Unidades experimentales en el área de estudio y recolección de datos en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	72
Anexo 13. Alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris” bajo diferentes concentraciones de Furadán (i.a. carbofurano) en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	73
Anexo 14. Análisis fisicoquímicos del agua del Parque Zoológico - “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.	74
Anexo 15. Etiqueta del plaguicida Furadán.	75
Anexo 16. Bioseguridad en manejo de plaguicidas	76
Anexo 17. Matriz de Consistencia	77

RESUMEN

Ante la problemática ecológica que representa el uso de plaguicidas, uno de las mayores dificultades a todos los niveles, es la falta de información objetiva sobre el efecto de dichos productos que están disponibles en América Latina. En el Perú, el uso de plaguicidas es indiscriminado y en nuestro medio su utilización no cumple con los estándares recomendados. Teniendo en cuenta lo señalado, 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 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 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, además cada unidad experimental presentó un ingreso de aire a través de un piedra difusora y bombeada por un aireador. 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 Furadán también 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 Furadán (i.a. carbofurano) fue de 14,57; 9,61 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 incrementa.

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

I. INTRODUCCIÓN

Ante la problemática ecológica que representa el uso de plaguicidas, uno de las mayores dificultades a todos los niveles, es la falta de información objetiva sobre los productos que están disponibles en América Latina. 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.

El Perú es uno de los países de América Latina que si bien no registra un alto consumo de plaguicidas químicos de uso agrícola en el transcurso de los últimos años, sí evidencia 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 carbofurano (de la familia de plaguicidas de los carbamatos) presenta registro para diecisiete productos comerciales, entre ellas el Furadán. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el insecticida carbofurano es clasificado como un compuesto "extremadamente tóxico".

Por otro lado, 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 la "trucha arco iris"; siendo una de las principales dificultades que enfrenta esta actividad, la contaminación de los sistemas acuáticos, principalmente por plaguicidas de uso agrícola.

Oncorhynchus mykiss, es una especie altamente sensible por la que es considerado como un bioindicador de toxicidad, dado su elevada sensibilidad a contaminantes, así como su relevancia como recurso natural. De hecho, la especie en mención, constituye uno de los principales recursos hidrobiológicos

de la actividad de la acuicultura continental en el Perú. De ahí que es importante el aporte de conocimientos sobre la acción tóxica del plaguicida Furadán (ingrediente activo carbofurano) 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 lo antes señalado y dada la escasa información al respecto, se realizó el presente trabajo teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar el efecto toxicológico agudo de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del plaguicida Furadán® 4F (ingrediente activo (i.a.) carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" en la ciudad de Ayacucho durante el año 2015.

Objetivos específicos

- a. Hallar el porcentaje de mortalidad de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del principio activo del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de *O. mykiss* "trucha arco iris".
- b. Determinar la concentración letal media (CL_{50}) de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del principio activo del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de *O. mykiss* "trucha arco iris".
- c. Comparar el porcentaje de mortalidad y concentración letal media (CL_{50}) de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del principio activo del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de *O. mykiss* "trucha arco iris".

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

De acuerdo a la información hallada respecto al problema planteado, se encontró los siguientes trabajos de investigación que se detallan a continuación: Miglio *et al.*,¹ evaluaron los efectos de los plaguicidas metamidofos y carbofurano en la *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 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 Furdán® 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 Furdán® 4F, respectivamente. Para las mezclas heterotóxicas de exposición, la CL₅₀ de Monofos disminuye con el aumento de dos concentraciones constantes y fijas del Furdán, 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 butiriltiocolina 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.

Se determinó 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

Annacone *et al.*,⁵ evaluaron el riesgo ambiental del carbofurano en bioensayos de toxicidad, sobre 11 especies no destinatarias. La siguiente secuencia relativa de mayor a menor Cocientes de Riesgo (CR) del carbofurano para los 19 puntos finales de efecto en 11 especies fue encontrada: *Daphnia magna* (mortalidad) > *Lemna minor* (inhibición de formación de las hojas) > *Paracheirodon innesi* (nado extraño) = *P. innesi* (incremento del movimiento opercular) > *Chironomus calligraphus* (mortalidad) > *L. minor* (necrosis) > *P. innesi* (mortalidad) > *L. minor* (clorosis) > *Tetrapygus niger* (inhibición de la fecundación) > *Coturnix japonica* (mortalidad) > *Oncorhynchus mykiss* (incremento de coloración) > *Ceraeochrysa cincta* (no eclosión de huevos) > *O. mykiss* (mortalidad con oxígeno) > *O. mykiss* (mortalidad sin oxígeno) > *Trichogramma pretiosum* (mortalidad) > *C. cincta* (mortalidad) > *T. pretiosum* (no emergencia de adultos) > *Trichogramma mapintoi* (mortalidad) > *Beauveria bassiana* (inhibición del crecimiento). Los Cocientes de Riesgo (CR) indicaron en todos los casos un alto riesgo del carbofurano principalmente en el ambiente acuático en comparación con el terrestre. Es así que para *O. mykiss* se encontró efecto del carbofurano en el porcentaje de mortalidad desde 0,384 mg ia/L, en un bioensayo con o sin oxígeno, respectivamente. A las 96 horas de exposición los alevines de *O. mykiss* presentaron una CL_{50} < 0,44 mg ia/L en ausencia de oxígeno y de 0,36 mg ia/L en presencia del oxígeno ($P < 0,05$). En el ensayo subletal de porcentaje de incremento de la coloración en *O. mykiss* a 96 horas de exposición al carbofurano se observó un valor de la CL_{50} de 0,29 mg ia/L ($P < 0,05$).

Saglio *et al.*,⁶ evaluaron los efectos de la concentración (1,0; 10,0 y 100,0 mg/L) y la duración (4, 8, 12 h) de la exposición a carbofurano sobre la actividad de natación, las interacciones sociales y las respuestas de comportamiento de los peces de colores "goldfish" para un flujo (0,1 L/min) de agua, con o sin quironómidos. Las observaciones también se hicieron en las respuestas conductuales de peces de colores no expuesta a un flujo (0,1 L/min) de agua contaminada con carbofurano. A las 4 horas de exposición de los peces de colores, la concentración de 1,0 mg/L de carbofurano produjo un aumento significativo de refugio y natación estallar. Las respuestas fueron mejorando a 100,0 mg/L, luego de una exposición de 12 horas, los efectos conductuales de 1,0 mg/L de carbofurano fueron menos aparentes. La agrupación no se vio afectada constantemente por las condiciones de exposición. Mientras que la atracción química a un filtrado de quironómidos se redujo significativamente después de las 4 horas de exposición a 1,0 mg/L de carbofurano. Así mismo la disminución de la atracción al extracto de comida fue menos evidente después de 12 horas de exposición, excepto a 100,0 mg/L de carbofurano. Una disminución significativa en la atracción a un flujo de agua no contaminada también se observó después de 4 horas de exposición a 10,0 y 100,0 g/L de carbofurano. El organismo no expuesto, no mostró reacción evasiva para un flujo de agua contaminada con carbofurano, incluso a una concentración (10,0 mg/L) superior a la media de la CL_{50} (0,5 a 1,0 mg/L). Sin embargo, en todas las concentraciones ensayadas (0,1; 1,0 y 10,0 mg/L) los peces de colores reaccionó rápidamente a la introducción de la solución de carbofurano por el aumento de la natación ráfaga y pellizcando. Estos resultados se discuten a la luz de los datos relativos a los efectos conductuales y neurotóxicos de carbamato y los insecticidas organofosforados en los peces.

Se realizaron investigaciones acerca de las interacciones de los nanotubos de carbono con pesticidas, como el carbofurano, contaminantes clásicos (por ejemplo, plaguicidas, hidrocarburos poliaromáticos, metales pesados, y colorantes) y los contaminantes emergentes, incluyendo disruptores endocrinos, las cuales son componentes críticos de los riesgos ambientales de esta importante clase de carbono. En este trabajo, se estudiaron la modulación de la toxicidad aguda del carbofurano sobre el pez de agua dulce *Oreochromis niloticus* "tilapia del nilo" por el ácido nítrico tratado en nanotubos de carbono de múltiples paredes, denominado HNO_3 -MWCNT. La oxidación de ácidos nítrico es

un método químico común empleado para la purificación, funcionalización y la dispersión acuosa de nanotubos de carbono. Se evaluaron diferentes soluciones no tóxicas de HNO₃-MWCNT sobre *Oreochromis niloticus* en concentraciones que van de 0,1 a 3,0 mg/L para tiempos de exposición de hasta 96 horas. Después de 24, 48, 72 y 96 h, los valores de la CL₅₀ de carbofurano fueron 4,0; 3,2; 3,0 y 2,4 mg/L, respectivamente. Para evaluar la influencia de las interacciones de carbofurano de nanotubos sobre ecotoxicidad, se expusieron a diferentes concentraciones de carbofurano mezclados con una concentración no tóxica de HNO₃-MWCNT (1,0 mg/L) sobre *Oreochromis niloticus*. Después de 24, 48, 72, y 96 horas de exposición, los valores de la CL₅₀ de carbofurano más nanotubos fueron 3,7, 1,6, 0,7 y 0,5 mg/L, respectivamente. Estos resultados demuestran que HNO₃-MWCNT potencia la toxicidad aguda de carbofurano, dando lugar a un aumento de más de cinco veces en los valores de la CL₅₀. Por otra parte, la exposición de los nanotubos más carbofurano sobre *Oreochromis niloticus* condujo a la disminución tanto en la capacidad de consumo de oxígeno y la natación en comparación con el control. Estos hallazgos indican que los nanotubos de carbono pueden actuar como portadores de pesticidas que afectan a la supervivencia del pez, el metabolismo y el comportamiento.⁷

Se investigó a la *Oreochromis niloticus* “tilapia del nilo” a los 9 días después de la eclosión expuestos en experimentos semiestáticas para el carbofurano, que se aplica en los sistemas agrícolas en Brasil. Aunque el mecanismo molecular de la toxicidad carbofurano es bien sabido, una comprensión detallada de los mecanismos ecológicos a través del cual los efectos del carbofurano pueden propagarse hacia mayores niveles de organización biológica en los peces es incompleta. Las tasas de mortalidad fueron cuantificados por larvas expuestas durante 96 h a 8,3; 40,6; 69,9; 140,0; 297,0 y 397,0 mg/L de carbofurano y la CL₅₀ a 96 h fue de 214,7 mg/L. Además, la inhibición de la colinesterasa biomarcador bioquímico y biomarcadores de comportamiento relacionados con la visión, la natación, la captura de presas y la evitación depredador se cuantificaron en las larvas individuales, así como su crecimiento en peso. Los parámetros de comportamiento se cuantificaron mediante el análisis de los videos grabados digitalmente de larvas individuales dentro de montajes experimentales apropiados. La actividad de la enzima colinesterasa disminuyó después de la exposición al carbofurano con una concentración a efectos más bajo observado (LOEC) de 69,9 mg/L. Déficit de agudeza visual se detectaron

después de la exposición carbofurano con un LOEC de 40,6 mg/L. El número de ataques a la presa (*Daphnia magna nauplios*) disminuyó en larvas expuestas a carbofurano, con un LOEC de 397,6 g/L. El crecimiento en peso se redujo significativamente en una manera dependiente de la dosis, y todos los grupos carbofurano exhibió una disminución estadísticamente significativa en el crecimiento en comparación con los controles ($p < 0,05$). El número de ataques de depredadores necesarios para capturar larvas disminuyó después de la exposición al carbofurano y el LOEC fue 69,9 mg/L. Estos resultados muestran que la exposición de las etapas tempranas de la vida sensibles de *O. niloticus* a concentraciones subletales de carbofurano puede afectar a aspectos fundamentales de la ecología larvaria de peces que son relevantes para la contratación de las poblaciones de peces, y que pueden ser mejor entendidos por la aplicación de biomarcadores de comportamiento.⁸

Clasen *et al.*,⁹ determinaron el efecto de la formulación comercial carbofurano en parámetros de estrés oxidativo en *Cyprinus carpio* expuestas a 50,0 mg/L durante 7 y 30 días en virtud de campo de arroz y condiciones de laboratorio. Niveles de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) se incrementaron en el cerebro de los peces después de 7 y 30 días en virtud de campo de arroz y condiciones de laboratorio. En el hígado y el músculo, los niveles de TBARS aumentaron después de 7 y 30 días en condiciones de laboratorio, mientras que en los campos de arroz los niveles aumentaron sólo después de 30 días. Proteína contenido de carbonilo en el hígado aumentó después de 7 y 30 días en condiciones tanto experimentales. Actividad de la acetilcolinesterasa (AChE) se redujo en el cerebro y el músculo después de 7 y 30 días bajo las dos condiciones experimentales evaluados. La superóxidodismutasa (SOD) se incrementó en el hígado después de 7 y 30 días bajo condiciones de campo de arroz, mientras que en condiciones de laboratorio esta enzima sólo aumentó después de 30 días. La actividad catalasa (CAT) en el hígado disminuyó después de 30 días bajo condiciones de campo de arroz, mientras que no se observaron cambios en condiciones de laboratorio. En el campo de arroz, glutatión S-transferasa (GST) disminuyó después de 7 días, pero aumentó después de 30 días, mientras que no se observó ningún cambio en peces expuestos a carbofurano en condiciones de laboratorio. Estos resultados sugieren que las concentraciones pertinentes carbofurano ambientales pueden causar estrés oxidativo, que afecta a los parámetros bioquímicos y enzimáticos

en carpas. Algunos parámetros podrían ser utilizados como biomarcadores de exposición a carbofurano.

Herbrandson *et al.*,¹⁰ exploraron los efectos sobre *Daphnia magna* de la exposición al plaguicida carbofurano en combinación con el estrés de la exposición de sólidos en suspensión. El objetivo del trabajo de investigación fue evaluar si los sólidos en suspensión afecta la respuesta toxicodinámicas de *D. magna* de carbofurano. Se realizó una serie de experimentos de laboratorio, donde los animales fueron expuestos a concentraciones carbofurano que van de 0,0 a 160,0 g/L en combinación con concentraciones de sólidos suspendidos que van desde 0,0 a 10000,0 mg/L. En la ausencia de sólidos en suspensión, los efectos de carbofurano eran dependientes de la dosis y resultaron en una CL₅₀ de 92,0 g/L. La exposición a los sólidos en suspensión, hasta niveles extremos que se pueden encontrar en el ambiente y en ausencia de carbofurano, no mostró ninguna toxicidad mensurable. Cuando *D. magna* fue expuesto a una concentración carbofurano constante, el número de organismos afectados se incrementaron con el aumento de las concentraciones de sólidos suspendidos. A una concentración de sólidos en suspensión de 1,000 mg/L, la CL₅₀ para carbofurano se redujo a la mitad a 45,0 g/L. La relación entre la toxicidad de carbofurano (g/L) y la concentración de sólidos en suspensión (mg/L) se puede describir con la siguiente ecuación: $\text{carbofurano CL}_{50} = 72 \exp (-0.00014 \text{ sólidos suspendidos})$. Un análisis de los datos indica que esta relación es consistente con un mecanismo de toxicidad potenciada en lugar de un modelo aditivo.

De acuerdo a un estudio de investigación, sobre la toxicidad aguda del carbofurano a las especies seleccionadas de organismos acuáticos (el guppy *Poecilia reticulata*, la *Daphnia magna* “pulga de agua” y el “alga verde” *Raphidocelis subcapitata*), y para un organismo terrestre (*Sinapis alba*). *Daphnia magna* se encontró que era el organismo más sensible como la CL₅₀ a 48 h fue de 0,0187 mg/L, mientras que 0,3468 mg/L fue para *Poecilia reticulata*. *Raphidocelis subcapitata* y *Sinapis alba* fueron más resistentes como los valores medidos de CL₅₀ a 72 h fueron 0,1582 y 13.0825 mg/L, respectivamente. *Sinapis alba* no se encontró que era una especie de planta adecuada para la evaluación de la toxicidad de carbofurano. Las pruebas confirmaron la alta toxicidad de carbofurano a determinadas especies de organismos acuáticos.¹¹

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Plaguicida

Sustancia química de origen natural o sintético u organismo vivo, que se utilizan solas, combinadas o en mezclas para la protección (combatir o destruir, repeler o mitigar: virus, bacterias, hongos, insectos entre otros) de los cultivos y productos agrícolas.

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).

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.

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.

2.2.5. Mortalidad

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

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.

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).

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.

2.2.9. Acetilcolina

Sustancia química que actúa en la transmisión de los impulsos nerviosos

2.3. Bases teóricas

2.3.1. 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.¹³

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 2011.¹⁴

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 Unidos¹⁵ clasifica a los pesticidas 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.¹⁵

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.¹² 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.¹²

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
Organofosforados	Solubles en lípidos. Se acumulan en los tejidos grasos de los animales. Son transferidos a través de la cadena alimenticia. Tóxicos para una gran variedad de animales. Persistentes a largo plazo.	DDT Aldrin Lindano Clordán
Organofosforados	Solubles en agua. Se infiltran hasta alcanzar las aguas subterráneas Menos persistentes que los organoclorados.	Malatión Paratión
Carbamatos	Derivados de ácidos carbamáticos. Matan a un espectro limitado de insectos, pero son altamente tóxicos para los vertebrados. Persistencia relativamente baja.	Sevin Carbofurán 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

2.3.2. Carbofurano (carbamatos)

El carbofurán o carbofurano es un plaguicida sistémico utilizado como insecticida, acaricida y nematocida de amplio espectro, que pertenece al grupo químico de los carbamatos. Conjuntamente con los insecticidas organofosforados, los compuestos piretroides y otros carbamatos, el carbofurano integra un grupo sustituto de insecticidas persistentes como en DDT, clordano y heptacloro.¹⁶

Los insecticidas carbámicos se distinguen por su carácter de selectividad, ya que pequeñas modificaciones en su estructura hacen que el producto tenga actividad contra algunas especies de insectos.¹⁷

a. Características químicas:

La estructura química del carbamato es importante para predecir su grado de toxicidad, siendo los más tóxicos, aquellos que mejor se acoplan al centro activo de la enzima.¹⁸

Su nombre químico (IUAP) es 2,3-dihidro-2,2-dimetilbenzofuran-7-ilmetilcarbamato y su fórmula química:¹⁶ $C_{12}H_{15}O_3$

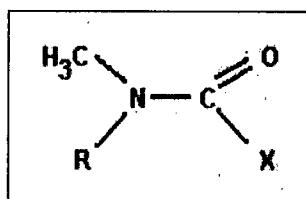


Figura 1. Estructura básica de los carbamatos.¹⁶

Donde R es H o grupo metilo (CH_3) y X es un alcohol que determina el grado de acoplamiento al centro activo de las colinesterasas y por lo mismo, su capacidad inhibidora.¹⁸

b. Propiedades:

Los carbamatos empleados como insecticidas poseen baja presión de vapor y baja solubilidad de agua, son moderadamente solubles en benceno y tolueno y lo son más en metanol y acetona.¹⁹

c. Presentaciones:

Se comercializa en distintas formulaciones con los nombres de Carbofurán, Carbodán, Curater, Furdán, etc. Se aplica al suelo incorporado al agua de riego.²⁰

d. Usos:

Existen más de 50 compuestos de plaguicidas pertenecientes a la familia de los carbamatos¹⁸. Se usa para el control de insectos y nematodos 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.¹⁵

Tabla 4. Usos agrícolas y su dosificación respectiva del carbofurano (Furadán).

Cultivo	Plagas		Dosis ml/cil	P.C. (días)	L.M.R. (ppm)
	Nombre común	Nombre técnico			
Papa	“gorgojo de los andes”	<i>Premnotrypes suturicallus</i>	500	60	1,0
	“pulguilla saltona	<i>Epitrix subcrinita</i>			
	“mosca cecidomide”	<i>Prodiplosis longifila</i>			
Tomate	“pulgón”	<i>Myzus persicae</i>	500	60	0,1
Zapallo	“perforador de frutas”	<i>Diaphania nitidalis</i>	500	60	0,6
Flor	“mosca cecidomide”	<i>Prodiplosis longifila</i>	500	60	1,0
Plátano	“gorgojo negro”	<i>Cosmopolites sordidus</i>	400	60	0,1

Fuente: Red Acción Ecológica.²¹

e. Efectos en la salud

Los seres humanos pueden adsorber el carbofurano por inhalación, por ingestión, por la piel y a través de los ojos. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, destaca el peligro de intoxicación aguda que presenta este plaguicida a las personas expuestas a su acción. Señala que, como es altamente toxico, la exposición a las más pequeñas cantidades de esta sustancia química genera un riesgo importante. Además, considera que el riesgo de residuos de carbofurano en los alimentos es preocupante para todos los subgrupos de la población, especialmente para los niños de entre uno a dos años de edad.¹⁶

Este plaguicida puede producir, además, irritaciones en la piel y, según la vía por la cual ingresa en el organismo humano, afecta el sistema respiratorio, el aparato digestivo y ojos. A niveles más altos de exposición puede causar espasmos musculares, pérdida de coordinación y paro respiratorio. Los problemas respiratorios son características del edema pulmonar, síntoma habitualmente de envenenamiento grave por carbamato. Las empresas distribuidoras advierten que las personas con bajo nivel de colinesterasa basal o afecciones hepáticas pueden agravar su estado con la exposición a este plaguicida.¹⁶

Entre los principales efectos que pueden causar los plaguicidas de la familia de los carbamatos en el hombre se tiene: sudoración, visión borrosa, vómitos, cólicos abdominales, debilidad muscular, agitación, taquicardia, hipertensión, confusión mental, convulsiones, depresión respiratoria, entre otros.²²

2.3.3. Características generales del Furadán (i.a. carbofurano)

Furadán es un insecticida-nematicida. Aplicado al suelo es absorbido por las raíces donde ejerce su acción insecticida y nematicida.²³

Tabla 5. Ficha técnica del plaguicida Furadán® 4F (i.a. carbofurano).

Características	Descripción
Ingrediente activo	Carbofurano
Grupo químico	Carbamatos
Concentración y formulación	48% p/v Suspensión Concentrada(SC)
Modo de acción	Contacto e ingestión
Fabricante/Formulador	FMC Corporation. Estados Unidos/Brasil
Distribuidor en Chile	ASP CHILE S.A.
Toxicidad	Grupo Ia. (Extremadamente tóxico). DL50 Producto comercial: Dermal > 5,000 mg/Kg. Oral 7,34 mg/Kg
Antídoto	Sulfato de Antropina
Registro SAG	1076
Presentaciones Comerciales	3,785 L

Fuente: Ficha técnica de Furadán.²³

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.²³

2.3.4. 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.¹⁸
- **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.¹⁸
- **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.¹⁸

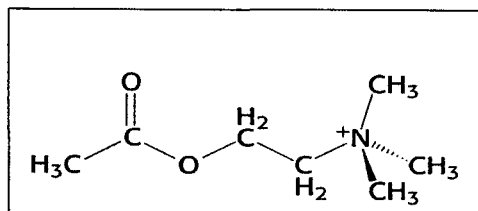


Figura 2. Estructura básica de la acetilcolinesterasa.¹⁸

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.¹⁷

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.¹⁷

La enzima acetilcolinesterasa actúa sobre la acetilcolina de la siguiente manera:²⁴

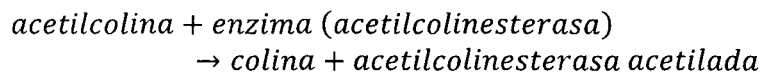
- En el citoplasma de la terminal axónica de las neuronas presinápticas del tipo colinérgico que utilizan la acetilcolina como neurotransmisor, existen unas vesículas especiales que captan y almacenan a la acetilcolina.
- La llegada de un potencial de acción despolariza la membrana presináptica, provocando 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 realizan sucesivamente de manera sincronizada.

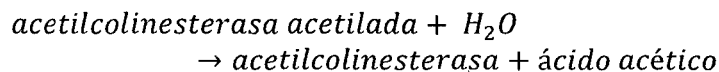
Las sinapsis colinérgicas se localizan en las fibras nerviosas autónomas preganglionares, en todas las fibras parasimpáticas posganglionares, en las terminaciones nerviosas a la médula adrenal (que embriológicamente hablando es un ganglio) y en terminaciones nerviosas a ciertas glándulas sudoríparas y vasos sanguíneos. Las sinapsis neuromusculares también son colinérgicas.²⁴

La reacción química producida en este proceso es¹⁸:

Paso 1:



Paso 2:



Donde podemos observar en el esquema líneas arriba, en la que se representa la transmisión nerviosa en la sinapsis colinérgica.²⁴

La enzima acetilcolinesterasa, es la responsable de la destrucción y terminación de la actividad biológica del neurotransmisor acetilcolina, al estar esta enzima inhibida se acumula acetilcolina en el espacio sináptico alterando el funcionamiento normal del impulso nervioso.¹⁹ Es así, que tan pronto como la acetilcolina ejerce su efecto en la membrana postsináptica, debe ser destruida por la acetilcolinesterasa. Esta degradación es de crítica importancia, ya que si la acetilcolina no fuera destruida, produciría actividad continua entre las neuronas con pérdida de coordinación nerviosa y una eventual tetanización muscular.¹⁷

A continuación se observa un esquema en el que se representa la transmisión nerviosa en la sinapsis colinérgica. La colina puede regresar a la membrana presináptica y ser reutilizada en la síntesis de la acetilcolina.¹⁸

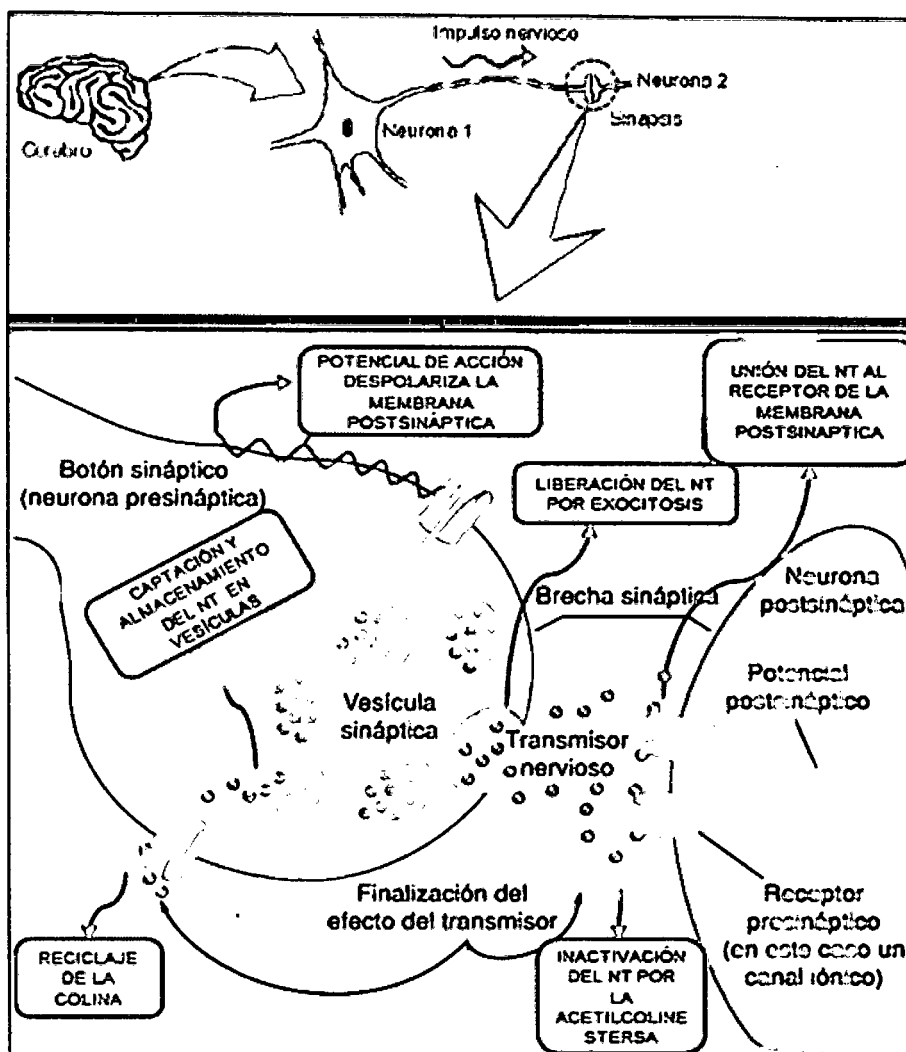


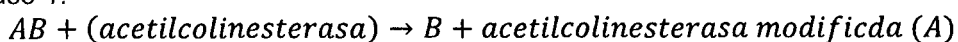
Figura 3. Transmisión nerviosa en la sinapsis colinérgica.²⁴

2.3.5. Mecanismo de acción del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano).

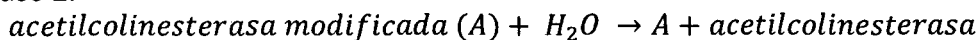
Las plaguicidas que conforman la familia de los carbamatos reaccionan de manera similar a la acetilcolina, es decir inhiben competitivamente la actividad colinesterásica comportándose como sustancias anticolinesterásicas (permitiendo así que la acetilcolina siga ejerciendo su actividad).¹⁹ Es así que actúa interfiriendo los impulsos nerviosos por inhibición de la acetilcolinesterasa e ingresa en los organismos principalmente por contacto e ingestión, y en menor medida por inhalación.²¹

Estos compuestos reaccionan con la enzima de manera similar a la acetilcolina.²⁴

Paso 1:



Paso 2:



En el primer paso, la parte ácida (A) del plaguicida se incorpora covalentemente en el sitio activo de la enzima, mientras que se libera su fracción alcohólica (B) de una molécula de carbamato (AB).²⁴

En el segundo paso, una molécula de agua libera la parte ácida (A) del plaguicida, dejando la enzima libre y, por lo tanto, reactivada. Este proceso de reactivación dura menos tiempo con los carbamatos, mientras que con los organofosforados puede ser mucho más prolongado e incluso llegar a ser irreversible. De ahí que, clínicamente hablando, los carbamatos se consideran inhibidores reversibles porque en poco tiempo dejan la enzima libre, mientras que a los organofosforados se les llama inhibidores irreversibles porque el proceso de reactivación tarda mucho más tiempo.²⁴ Este proceso de reactivación dura menos tiempo en comparación con los plaguicidas organofosforados.²⁵

Cuando la dosis tóxica del plaguicida es suficientemente alta, la pérdida de la función enzimática permite la acumulación de acetilcolina en las uniones colinérgicas neuroefectoras (efectos muscarínicos), en las uniones mioneurales del esqueleto y los ganglios autónomos (efectos nicotínicos) y en el sistema nervioso central (SNC). Es así que a altas concentraciones de acetilcolina en el sistema nervioso central causan alteraciones sensoriales y del comportamiento, incoordinación, depresión de la función motora y depresión respiratoria. El aumento en las secreciones pulmonares y la depresión respiratoria son las causas usuales de muerte en el envenenamiento por carbamatos.²²

El tiempo que permanece la acetilcolinesterasa inhibida, es fundamental para la buena acción del insecticida, ya que si sucediera lo contrario, el compuesto se considera un mal insecticida.¹⁷

2.3.6. Toxicidad del Carbofurano

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.²⁶

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 CL₅₀ (concentración letal media que mata al 50% de los organismos de laboratorio).²⁷

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.²⁸

a. Toxicidad aguda

La medida de la letalidad a corto plazo es un aspecto de la evaluación de la toxicidad aguda; éste ha sido definida como los efectos adversos totales producidos por una sustancia toxica cuando se administra en única dosis o en dosis múltiples a lo largo de un periodo determinado.¹³

La Organización Mundial de la Salud, clasifica al carbofurano en el grupo identificado como 1b, lo que significa "altamente peligroso". Sin embargo, en el caso de ingestión en forma directa o de residuos existentes en alimentos, es "extremadamente tóxico".²⁹

Si se toma en cuenta la toxicidad aguda de los carbamatos, por lo general resultan ser más tóxicos que los organofosforados. Sin embargo, los organofosforados son más peligrosos porque la duración de la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa es más larga, en cambio cuando la enzima es inhibida por el carbamato se recupera espontáneamente, debido a que existe una

correlación positiva, pero cabe resaltar, que en los carbamatos el proceso es aparentemente reversible.¹⁷

b. Concentración letal media (CL₅₀)

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.¹³

El valor de la concentración letal media (CL₅₀) se expresa en peso de sustancia por unidad de volumen de aire normal (miligramos por litro, mg/L); mientras que dosis letal media (DL₅₀) 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.²⁸

La máxima información que aporta la CL₅₀ 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 toxica y de los efectos de varios parámetros en su toxicidad.¹³

c. 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 toxica en tres fases, que se muestra a continuación.³⁰

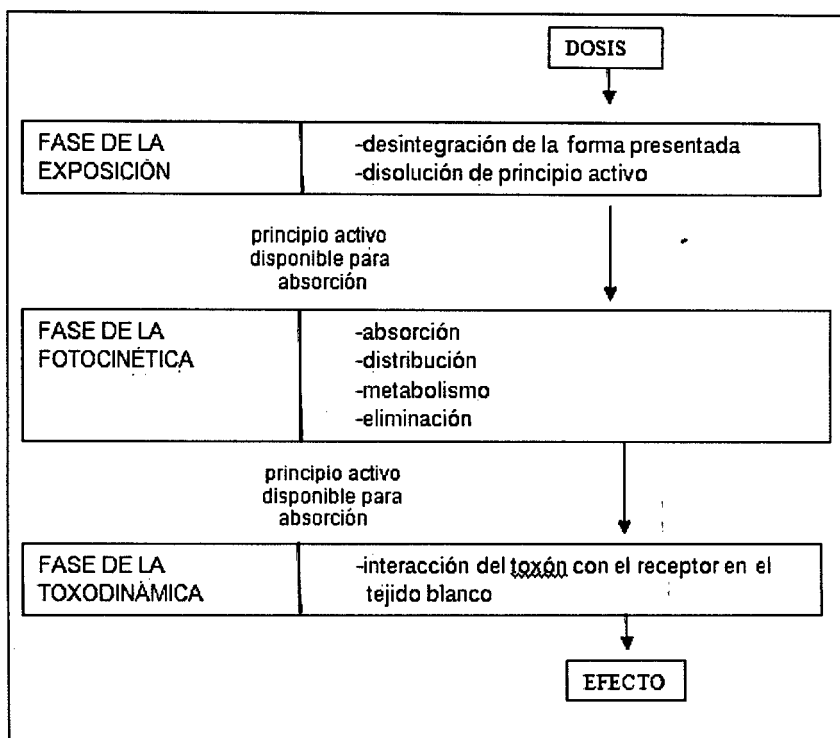


Figura 4. Fases del efecto toxicológico de plaguicidas.³⁰

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.³¹

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.³¹

Los insecticidas formados por carbamatos, son incluso menos persistentes que los organofosforados y menos dañinos para el hombre, no obstante pueden

causar problemas ambientales locales si se usan sin cuidado. Al igual que los organofosforados, los carbamatos actúan inhibiendo la acetilcolinesterasa.¹³

El carbofurán posee una vida media en suelos de 30 a 60 días. La persistencia ambiental está controlada por su degradación por vías químicas, fotoquímicas y bioquímicas. La escasa retención en el suelo y su relativamente alta solubilidad acuosa determinan una migración considerable del carbofurán hacia el agua del ambiente, donde el tiempo de vida medio está fuertemente influenciado por el pH.³²

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.³³

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.³⁴

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.³³

Las empresas distribuidoras reconocen que el carbofurano es muy tóxico para peces, aves y abejas. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el carbofurano presenta riesgos preocupantes para las especies acuáticas. Dentro del ecosistema, el producto contamina el aire, el suelo y el agua y afecta, prácticamente, a todos los organismos vivos, incluyendo a los animales benéficos y al hombre. La intensidad del efecto varía según las características del insecticida, el grado de susceptibilidad de las especies presentes, la formulación y la dosis del producto, la forma en que es aislado, la

clase de cultivo, etc. Es normal que los efectos se extiendan más allá de los límites del campo aplicado, pues los insecticidas son fácilmente llevados por el viento y el agua.²⁶

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.³⁵

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.³⁶

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.³⁷

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.³⁸

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 euritípicas 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.³⁹

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.¹³

2.3.11. La “trucha arco iris” *Oncorhynchus mykiss*

a. Ubicación taxonómica:

Según Blanco,⁴⁰ 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>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 blando,

además posee bastantes lunares negros y marrones en la piel por lo que también es llama pecosa.⁴¹

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.⁴²

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.⁴²

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).⁴²

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.⁴³

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.⁴²

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.⁴²

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.

Específicamente el carbofurán está incluido en la Lista Consolidada de Productos Prohibidos o Restringidos por las Naciones Unidas y en la lista de plaguicidas y productos químicos peligrosos objetos de comercio internacional para la aplicación del Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo del Convenio de Rotterdam. Este último significa que la importancia del carbofurán, en su calidad de sustancia peligrosa, está sujeta a consulta previa

en cada país, el cual debe decidir si la acepta o la rechaza de acuerdo a sus leyes y normas internas.

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: Aldrín, 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 002-2008-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. Actividad marino costeras

Extracción y cultivo de moluscos bivalvos

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 enero y febrero del 2015.

3.1.1. Ubicación política

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Jesús Nazareno

Lugar : Parque Zoológico “La Totorilla”

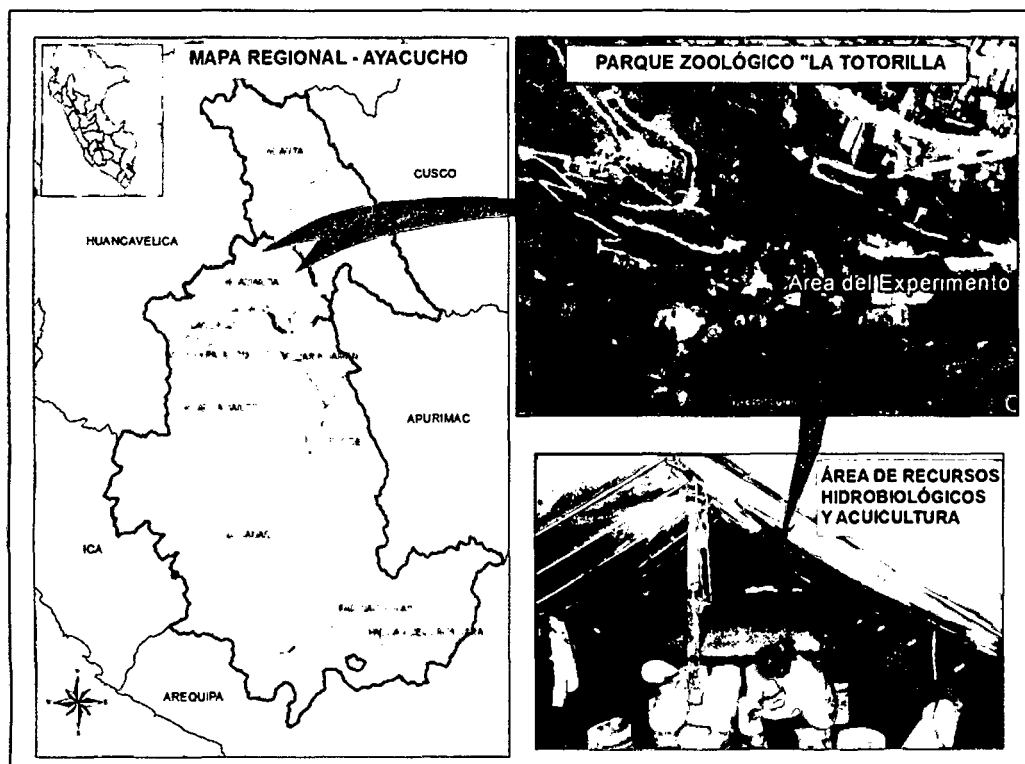


Figura 5. Mapa de ubicación política del Parque Zoológico “La Totorilla”.

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 Furadán expendido en la ciudad de Ayacucho.

3.2.2. Muestra

Se utilizó 800 mg/L de plaguicida Furadán (i.a. carbofurano).

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 800 mg del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano). 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 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, 48 y 72 horas de exposición en las soluciones de diferentes concentraciones del plaguicida Furadán.

3.3.1. Obtención de alevinos de *Oncorhynchus mykiss*

Los alevinos de “trucha arco iris” fueron obtenidos del criadero comercial de la Laguna Chacacocha – 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 de 30 días luego de haber absorbido su saco vitelino con un tamaño y peso aproximado de 3 cm y 2,05 g respectivamente.

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 siete días, para el cual se estabularon 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 Furadán

Las concentraciones mencionadas 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 Furadán 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 Furadán.

Recipiente	N° de individuos (alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Concentración de Furadán (mg/L)	N° de recipientes (repeticiones)
Testigo	10	0,0	4
1	10	5,0	4
2	10	10,0	4
3	10	15,0	4
4	10	20,0	4

Las soluciones del plaguicida Furadán 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

Una vez preparado las unidades experimentales con diferentes concentraciones del plaguicida Furadán (que aproximadamente fue a las 19 horas), se estabularon en cada una de ellas, diez alevinos de “trucha arco iris”, labor que se prolongó aproximadamente hasta las 20 horas. Así mismo, se consideró 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, las que fueron 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, 48, 60 y 72 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. Básica, ya que la principal contribución es la de generar nuevos conocimientos sobre el efecto del plaguicida Furadán en los organismos acuáticos, tomando como modelo a los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”. Mientras la investigación del tipo experimental se realizó debido a que se manipuló la variable independiente (04 concentraciones crecientes del plaguicida Furadán) para ver su efecto sobre la variable dependiente (mortalidad de alevinos de *Oncorhynchus mykiss*).

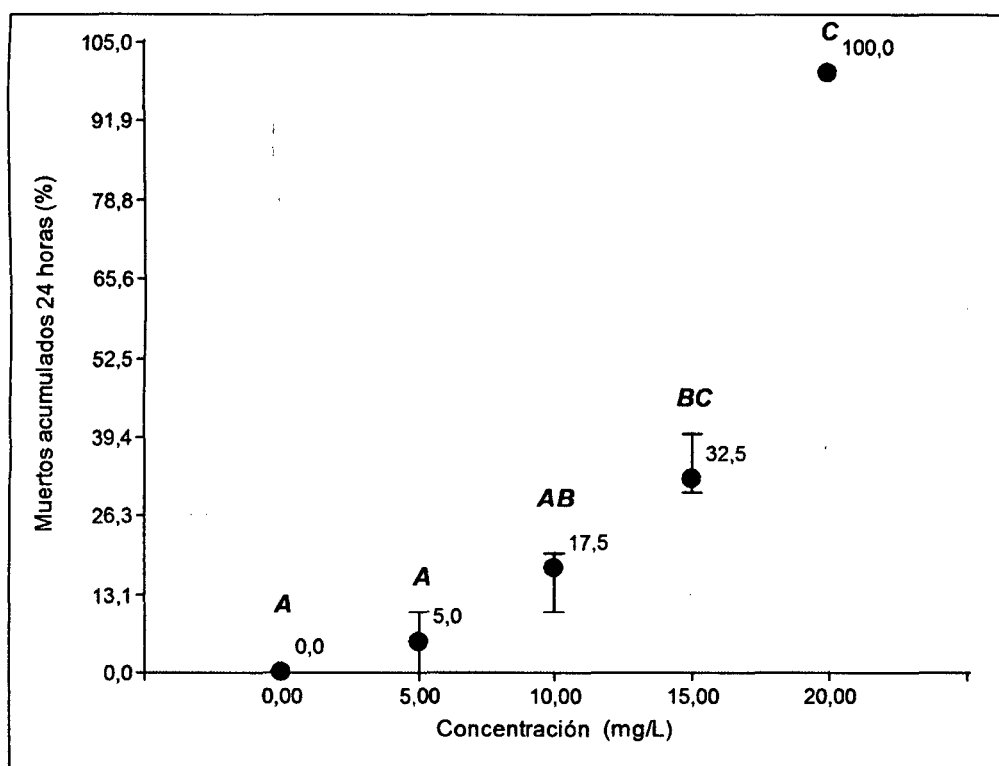
3.5. Análisis estadístico

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 12 tratamientos (cuatro concentraciones crecientes del plaguicida Furadán y tres tiempos de exposición) más un testigo, se empleó el análisis de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no mostraron distribución normal.

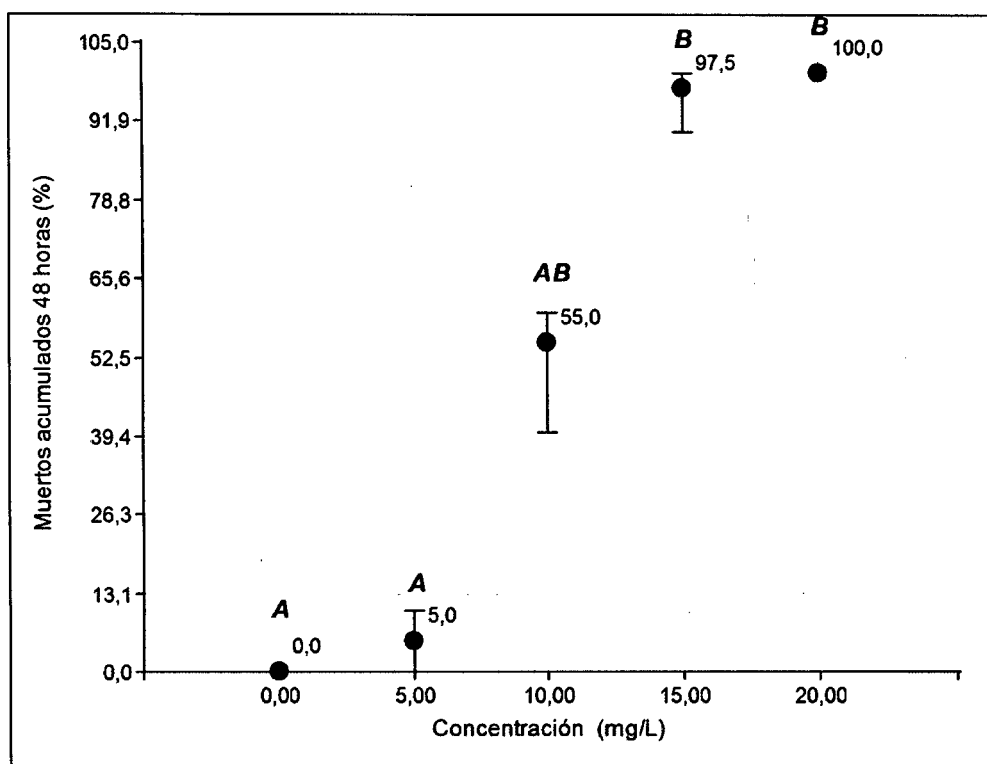
Para la estimación de la Concentración Letal Media (CL₅₀), se empleó la metodología de Probit para el cual se empleó el software MINITAB 16 para realizar los análisis estadísticos señalados.

IV. RESULTADOS



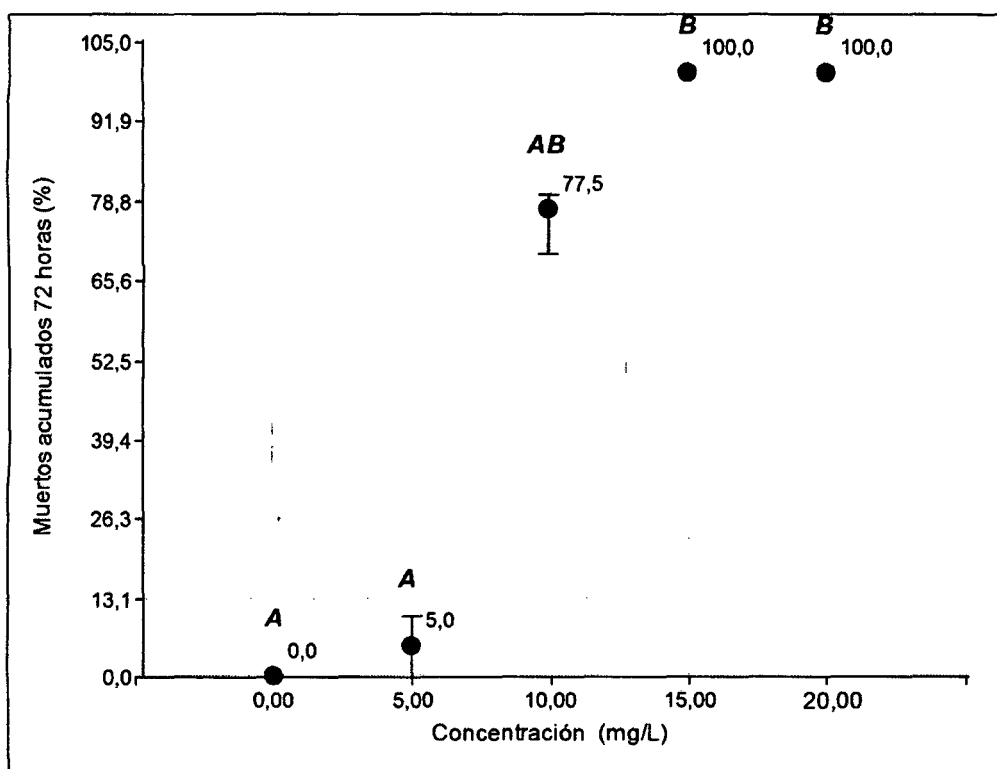
A, AB, BC y C: Categorías asignadas por la prueba estadística

Figura 6. Valores medios, máximos y mínimos de mortalidad acumulada de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" a las 24 horas de exposición al plaguicida Furofurano (i.a. carbofurano). Ayacucho, 2015.



A, AB y B: Categorías asignadas por la prueba estadística

Figura 7. Valores medios, máximos y mínimos de mortalidad acumulada de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" a las 48 horas de exposición al plaguicida Furadán (i.a. carbofurano). Ayacucho, 2015.



A, AB y B: Categorías asignadas por la prueba estadística

Figura 8. Valores medios, máximos y mínimos de mortalidad acumulada de alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" a las 72 horas de exposición al plaguicida Furadán (i.a. carbofurano). Ayacucho, 2015.

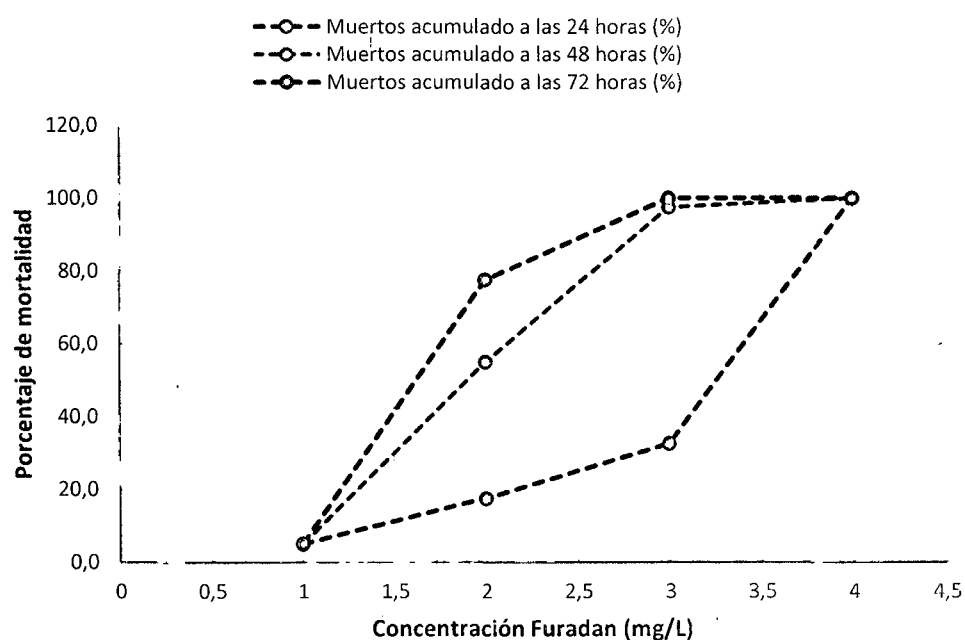


Figura 9. Tendencia promedio de la mortalidad acumulada de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" en cuatro concentraciones crecientes a las 24, 48 y 72 horas de exposición del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano). Ayacucho, 2015.

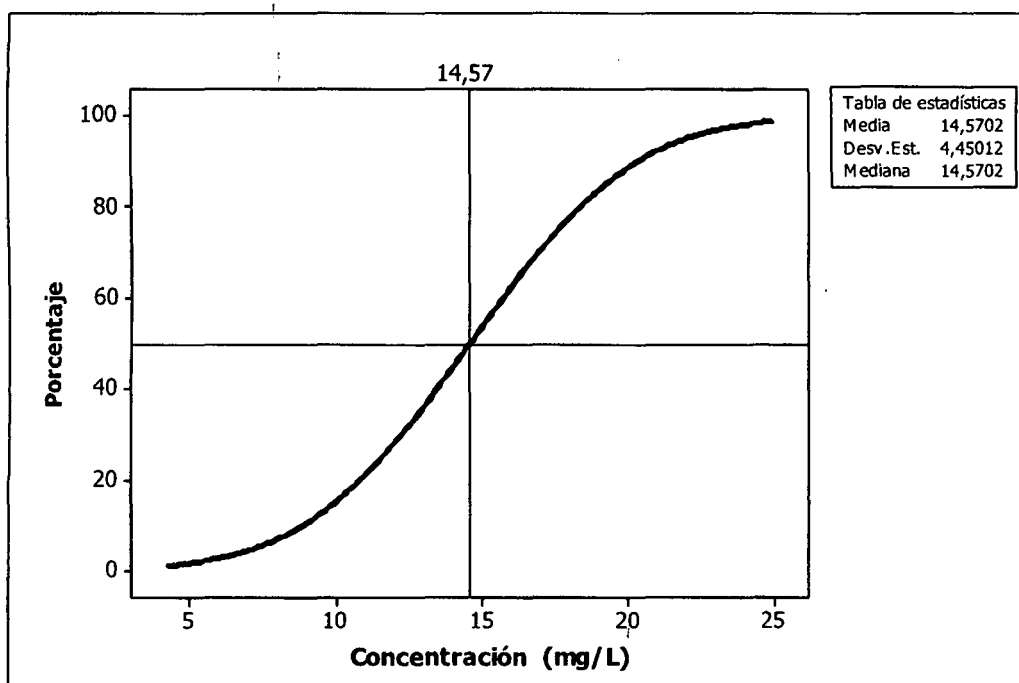


Figura 10. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" en función de las concentraciones del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

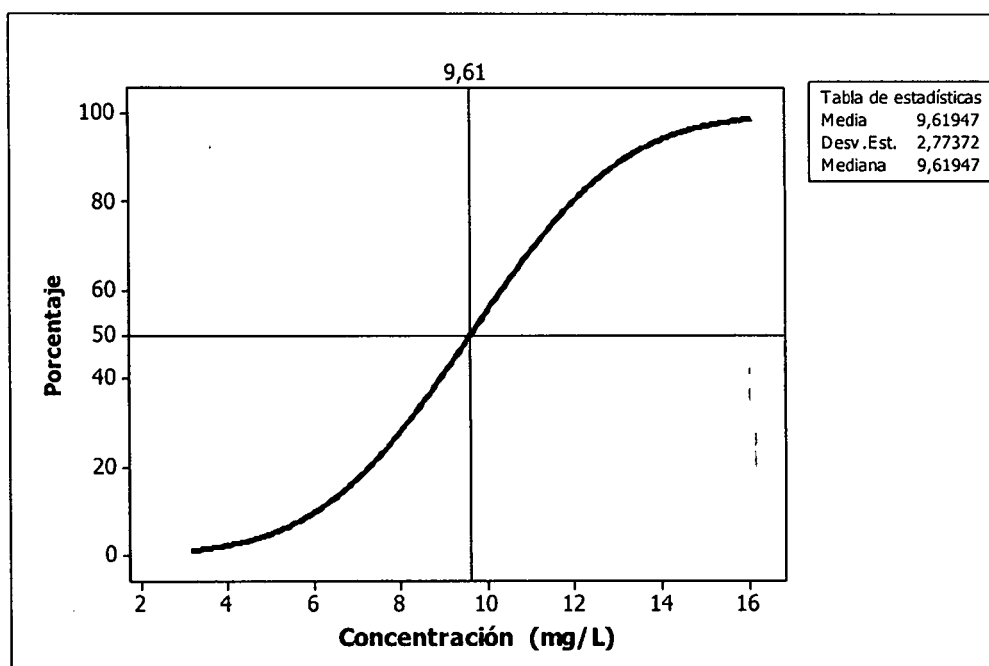


Figura 11. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" en función de las concentraciones del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

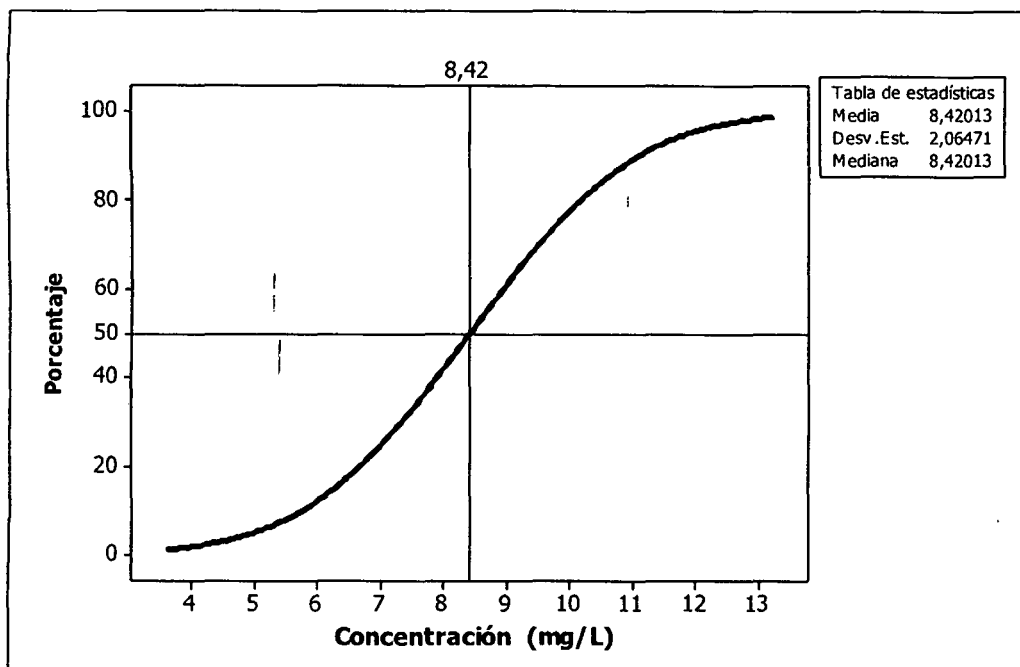


Figura 12. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (Probit) de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" en función de las concentraciones del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 72 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

Tabla 9. Valores de la Concentración Letal Media (CL₅₀) y los intervalos de confianza a las 24, 48 y 72 horas de exposición para el plaguicida Furdán (i.a. carbofurano) sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss*. Ayacucho, 2015.

Tiempo de exposición	CL ₅₀	Intervalo de Confianza (95%)	
		Inferior	Superior
24 h	14,57	13.4500	15.8123
48 h	9,61	8.72275	10.5162
72 h	8,42	7.62225	9.18741

CL₅₀: Concentración Letal Media

V. DISCUSIÓN

En la Figura 6, se observa 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 Furadán (i.a. carbofurano) y un testigo. Se observa que la mortalidad se incrementa a medida que las concentraciones del Furadán se incrementa, es así que a una concentración de 5,00; 10,00 y 15,00 mg/L se registra mortalidades de 5,0; 17,5 y 32,5% respectivamente; mientras para la concentración 20,00 mg/L se registra 100% de mortalidad, 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 hacer 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 3, esto nos permite afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados son diferentes en los medios con diferente concentración. Al realizar la categorización en función a la mortalidad registrada, se observa que las concentraciones de 5,00 y 10,00 mg/L originaron menor mortalidad en los alevinos en comparación con las concentraciones de 15,00 y 20,00 mg/L siendo estas últimas similares entre sí. Lo hallado se debe a que el plaguicida Furadán afecta directamente a los organismos con el cual se pone en contacto, así mismo es de suponer que también afecta su hábitat, alterando la calidad del agua, tal como lo sostiene Henao y Corey,¹⁸ también es importante mencionar que los alevinos de “trucha arco iris” son organismos “sensibles” por lo tanto no soportan las nuevas condiciones impuestas por el plaguicida Furadán comportándose como “intolerantes” siendo afectados hasta llevarlos a la muerte.³⁰

En la Figura 7, 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 Furadán (i.a. carbofurano) y un testigo. Tal como se había señalado anteriormente se observa que la mortalidad aumenta a medida que las concentraciones del Furadán se incrementan, es así en el caso de la concentración de 5,00 y 10,00 mg/L se registraron mortalidades de 5 y 55% respectivamente; mientras para las concentraciones de 15,00 y 20,00 mg/L se registraron 97,5 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 hacer 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 4, esto nos permite afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados son diferentes en los medios con diferente concentración. Al realizar la categorización en función a la mortalidad registrada, se observa que las concentraciones de 5,00 y 10,00 mg/L originaron menor mortalidad en los alevinos en comparación con las concentraciones de 15,00 y 20,00 mg/L respectivamente, siendo estas últimas similares entre sí. 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, lo que determina que con el agua que está en contacto con dichos órganos, se intercambie dichos componentes, por consiguiente las sustancias tóxicas transportadas por el agua son absorbidas por las branquias antes de ser absorbidas de otra manera, llegando a causar la mortalidad inmediata, tal como lo menciona Saglio *et al.*⁶

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 72 horas de exposición del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) y un testigo. Tal como se había señalado anteriormente se observa que la mortalidad aumenta a medida que las concentraciones del Furadán se incrementan, es así en el caso de la concentración de 5,00 y 10,00 mg/L se registraron mortalidades de 5 y 77% respectivamente; mientras para las concentraciones de 15,00 y 20,00 mg/L se registraron un 100% de mortalidad, 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 hacer 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 5, esto nos permite afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados son diferentes en los medios con diferente concentración. Al realizar la categorización en función a la mortalidad registrada, se observa que las concentraciones de 5,00 y 10,00 mg/L originaron menor mortalidad en los alevinos en comparación con las concentraciones de 15,00 y 20,00 mg/L respectivamente, siendo estas últimas similares entre sí. Esto se debe a que el plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) al pertenecer a la familia de los carbamatos, interacciona con la acetilcolina, es decir inhibe competitivamente la actividad colinesterásica comportándose como sustancias anticolinesterásica. Cisneros,¹² 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. Además, Hurtado,²² menciona que cuando la dosis tóxica del plaguicida es suficientemente alta causa 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* por el plaguicida en estudio. En la Figura 9, se muestra la tendencia de la mortalidad de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en cuatro concentraciones crecientes del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano), a las 24, 48 y 72 horas de exposición. La mortalidad a las 24 horas muestra una tendencia de incremento progresivo a medida que las concentración del tóxico también se incrementa, alcanzando en forma progresiva el 100% (mortalidad de los diez alevinos) a la mayor concentración, mientras que a las 48 y 72 horas la mortalidad alcanza el 100% de mortalidad a menores concentraciones, lo que quiere decir que a mayor tiempo de exposición hay mayor efecto toxicológico agudo del producto probado. En la Figura 10, se muestra la tendencia de mortalidad acumulada teórica de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en función de las concentraciones del Furadán (i.a. carbofurano), así como el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 24 horas de exposición. Se observa que a menores concentraciones del pesticida, la mortalidad es mínima hasta llegar a valores entre 5,00 y 10,00 mg/L, en donde se incrementa notablemente. También se observa que a una concentración de 14,57 mg/L del plaguicida,

teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Furdán, mueren a las 24 horas de exposición.

En la Figura 11, se observa la tendencia de la mortalidad acumulada teórica de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en función de las concentraciones del plaguicida Furdán (i.a. carbofurano) y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición. Se muestra que la mortalidad se incrementa a medida que la concentración del plaguicida también se incrementa. Así mismo a una concentración de 9,61 mg/L del plaguicida, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Furdán, mueren a las 48 horas de exposición.

En la Figura 12, se observa la tendencia de la mortalidad acumulada teórica de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en función de las concentraciones del plaguicida Furdán (i.a. carbofurano) y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 72 horas de exposición. También se destaca que la mortalidad se incrementa a medida que la concentración del plaguicida también se incrementa. Así mismo a una concentración de 8,42 mg/L del plaguicida, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Furdán, mueren a las 72 horas de exposición.

En la Tabla 8, se muestra los valores de las concentraciones letales medias (CL_{50}) con sus intervalos de confianza a las 24, 48 y 72 horas de exposición para el plaguicida Furdán (i.a. carbofurano) sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss*. De acuerdo a los valores hallados se puede apreciar que para las 24 horas, se tiene un valor de 14,57 mg/L, ligeramente superior a los valores registrados para las 48 horas que tiene un valor de 9,61 mg/L, lo mismo sucede para las 72 horas registrando un valor de 8,42 mg/L. Por otro lado es de notar que a mayor horas de exposición, la concentración letal media (CL_{50}) disminuye. Los resultados hallados son congruentes con lo manifestado anteriormente, donde el plaguicida Furdán originó mortalidades de alevinos “trucha arco iris”, esto se justifica por el hecho de que cuando menor sea el valor de la CL_{50} , mayor toxicidad origina; también es de resaltar que, a medida que el tiempo de exposición se incrementa, los valores de la CL_{50} disminuye, lo que se interpreta que, cuanto más es el tiempo de exposición a una sustancia tóxica, mayor efecto tóxico causa.

185696

VI. CONCLUSIONES

1. Los porcentajes de mortalidad de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" se incrementan a medida que las concentraciones de Furadán (i.a. carbofurano) también se incrementan, siendo este comportamiento semejante a 24, 48 y 72 horas de exposición.
2. La concentración letal media (CL₅₀) hallada para el plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) fue de 14,57; 9,61 y 8,42 mg/L para 24, 48 y 72 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 Furadán (i.a. carbofurano) son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$), siendo mayor la mortandad a mayores concentraciones. Así mismo, se observa que el valor de la concentración letal media (CL₅₀), tiende a disminuir a medida que el tiempo de exposición se incrementa.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar trabajos de investigación en el cual se determine los efectos crónicos o subletales 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.
2. Evaluar los efectos agudos de los contaminantes considerando diferentes modelos de organismos, principalmente aquellos que tienen como hábitat los ecosistemas en el cual se eliminan los contaminantes.
3. Probar 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. Debe evaluarse el 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.

VIII. 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, Alvaríño 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. Annacone JA, Alvaríño L, Paredes Ch, Alayo M, Mamani N, Bonifacio J *et al.* Evaluación del riesgo ambiental de carbofurano en bioensayos con organismos no blanco. Scientific Electronic Library Online [revista en Internet] 2011 enero-junio. [acceso 15 de julio 2015]; 19 (1). Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-37432011000100003&script=sci_arttext
6. 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>
7. Campos GJ, Martínez TD, Alves LO, Gervacio LA, Barbieri E. Efectos ecotoxicológicos de carbofurano y nanotubos de carbono de pared múltiple oxidados en la “tilapia del nilo” peces de agua dulce: Nanotubos mejoran la ecotoxicidad de plaguicidas. Ecotoxicology and Environmental Safety [revista en Internet] 2015 enero. [acceso 15 de julio 2015]; 111 (1). Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651314004709>
8. Pessoa PC, Luchmannb KH, Ribeiroa AB, Verasa MM, Correac JR, Nogueirab AJ *et al.* La inhibición de la colinesterasa y la toxicidad del comportamiento de carbofurano en *Oreochromis niloticus* etapas de la vida temprana. Aquatic Toxicology [revista en Internet] 2011 octubre. [acceso 15 de julio 2015]; 105 (3). Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166445X11001895>
9. Clasen B, Leitemperger J, Murussi C, Pretto A, Menezes Ch, Dalabona F *et al.* Carbofurano promueve cambios bioquímicos en carpas expuestas a los campos de arroz y las condiciones de laboratorio. Ecotoxicology and Environmental Safety [revista en Internet] 2014 marzo. [acceso 15 de julio 2015]; 101 (1). Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651313005368>
10. Herbrandson C, Bradbury SP, Swackhamer DL. Influencia de los sólidos en suspensión sobre la toxicidad aguda del carbofurano de *Daphnia magna*: I. Efectos interactivos. Aquatic Toxicology [revista en Internet] 2003 mayo. [acceso 20 de julio 2015]; 63 (4). Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166445X02002060>
11. AGRIS: International Information System for the Agricultural Science and Technology. Toxicidad aguda del carbofurano a las especies seleccionadas de los organismos acuáticos y terrestres [base de datos en Internet]. Library of AntoninSvehla; 2004 - [fecha de acceso 25 de julio 2015]. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ2004000469>

12. Cisneros VF. Control químico de las plagas agrícolas. Sociedad Entomológica del Perú; 2012. 288 p.
13. Duffus JH. Toxicología Ambiental. Ediciones Omega, S.A.; 1983. 210 p.
14. Ministerio de la Agricultura (MINAG). Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). Importación de plaguicidas de uso agrícola, 2012.
15. Fernández N, Pujol E, Maher E. Los plaguicidas aquí y ahora. Ministerio de Educación de Buenos Aires, Argentina; 2012. 270 p.
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. 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.
19. Dueñas A, Castrodeza J y Lozano R. Carbamatos en intoxicaciones agudas en medicina de urgencias y cuidados críticos. Barcelona. Editorial Masson, S.A.; 1999. 270 p.
20. Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de New Jersey (DESAPEM). Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. Estados Unidos; 2005.
21. 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>.
22. 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
23. Ficha técnica del Furadán, [Internet]. Publicado en: www.asp-chile.cl/wp/wp-content/themes/.../Furadan_4F_FT.pdf
24. 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://bvsde.per.paho.org/tutorial2/e/unidad2/index.html>
25. Córdoba D, Cadavid S y Ramos J. Inhibidoras de Colinesterasas en Toxicología. 2ªed. Medellín, Colombia. Editorial D. Córdoba P.; 1999. 184 p
26. Agencia de Protección Ambiental. [Internet]. Publicado en: http://www.epa.gov/oppsrrd1/reregistration/carbofuran/carbofuran_noic.htm
27. Rodríguez M, Franco M. Manual de toxicología básica. Ediciones Díaz de Santos; 2000. 910 p.
28. Gutiérrez JB, Salsamendi ÁL de C. Fundamentos de Ciencia Toxicológica. Ediciones Díaz de Santos; 2001. 372 p.
29. Ficha técnica del Carbofurano. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina (RAP-AL) [Internet]. Publicado en: www.rap-al.org/articulos_files/Carbofurano_Enlace_83.pdf
30. Lehmann PA y Simonis AM. Introducción a la toxicología general. México. Editorial Diana S.A. 200 p.
31. 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>.

32. Tecnología Química y Comercio. Ficha técnica de actividades. Perú: Departamento de comercialización; 2012.
33. 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>
34. Sivigila. Informe de intoxicaciones por plaguicidas. Grupo factores de riesgo y control en salud pública. 2010.
35. Fernández R, Leiva M. Ecología para la agricultura. España. 2002.
36. Nevel B, Wrigth R. Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenible. Sexta Edición. Sexta Edición. México: Editorial Prentice May, S.A.; 1999.
37. Díaz-Báez MC, López MCB, Ramírez AJE. Pruebas de toxicidad acuática: fundamentos y métodos. Univ. Nacional de Colombia; 2004. 128 p
38. Roldan G. Fundamentos de Limnología Neotropical. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.; 1992.
39. Ramírez P, Mendoza A. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. Exp En México InstNacEcol SEMARNAT México. 2008.
40. Cachafeiro Blanco C. La trucha: cría industrial. España: Mundi Prensa Libros S.A.; 1984. 503 p.
41. Anatomía y Fisiología de la Trucha. [Internet]. Publicado en: <http://www.revistaaquatic.com/asociaciones/PirineosPesca/docs/anatomia.pdf>
42. FONDEPES. Manual de Cultivo de Truchas Arco Iris en Jaulas. Gerencia de acuicultura. Lima, Perú: Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero - FONDEPES; 2004.
43. Rojas R. Manual para la producción de truchas en jaulas flotantes. Huancavelica, Perú. 2008

ANEXOS

Anexo 1

Registro de datos (tratamientos, fecha, hora, temperatura del agua y mortalidad) en el proceso experimental del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss*. Ayacucho, 2015.

	Concentración (mg/L)	Rept.	12H			24H			36H			48H			60H			72H		
			8:00 a.m.			8:00 p.m.			8:00 a.m.			8:00 p.m.			8:00 a.m.			8:00 p.m.		
			pH	T (°C)	N° de Muertos	pH	T (°C)	N° de Muertos	pH	T (°C)	N° de Muertos	pH	T (°C)	N° de Muertos	pH	T (°C)	N° de Muertos	pH	T (°C)	N° de Muertos
FURADÁN	5.00	1	8.89	17.3	0	8.93	20.3	1	8.92	17.3	0	8.98	20.1	0	8.94	17.1	0	9.01	19.4	0
	5.00	2	8.75	17.2	0	8.80	19.9	0	8.79	17.2	0	8.96	20.1	0	8.92	16.9	0	8.96	19.5	0
	5.00	3	8.88	17.0	0	8.89	19.6	0	8.87	17.3	0	8.95	20.1	0	8.89	16.9	0	8.95	19.7	0
	5.00	4	8.84	17.1	0	8.86	19.6	1	8.85	17.1	0	8.92	19.9	0	8.89	16.7	0	8.94	19.7	0
	10.00	1	8.84	17.1	0	8.84	19.6	2	8.79	17.3	4	8.96	19.8	0	8.85	16.8	1	8.91	19.6	1
	10.00	2	8.79	17.1	0	8.83	19.6	1	8.83	17.3	2	8.90	19.8	1	8.89	16.8	3	8.94	19.3	1
	10.00	3	8.76	17.1	0	8.80	19.3	2	8.78	17.2	2	8.83	19.8	2	8.81	16.6	1	8.86	19.3	1
	10.00	4	8.85	17.2	0	8.86	19.3	2	8.84	17.0	1	8.90	19.7	3	8.89	16.6	0	8.90	19.2	1
	15.00	1	8.86	16.9	0	8.91	19.5	4	8.81	17.1	4	8.63	19.8	2	8.68	16.5	0	8.70	19.5	0
	15.00	2	8.81	17.0	0	8.90	19.4	3	8.73	17.1	3	8.61	19.9	4	8.70	16.4	0	8.72	19.6	0
	15.00	3	8.89	16.9	0	8.90	19.3	3	8.81	17.0	4	8.79	19.7	2	8.88	16.4	1	8.87	19.3	0
	15.00	4	8.96	16.9	0	8.96	19.6	3	8.86	17.0	4	8.82	19.5	3	8.88	16.1	0	8.89	19.2	0
	20.00	1	8.85	16.8	10	8.02	19.2	0	8.65	17.1	0	8.26	19.9	0	8.06	16.4	0	8.05	19.6	0
	20.00	2	8.94	16.9	9	8.93	19.2	1	8.72	17.0	0	8.47	19.9	0	8.59	16.3	0	8.56	19.8	0
	20.00	3	8.84	16.9	8	8.79	19.1	2	8.63	17.0	0	8.16	19.8	0	8.06	16.3	0	8.06	19.6	0
	20.00	4	8.76	17.0	10	8.74	18.9	0	8.63	17.0	0	8.16	19.6	0	8.05	16.3	0	8.01	19.6	0
	0.00	1	8.82	18.0	0	8.79	21.0	0	8.88	17.7	0	8.91	21.7	0	8.91	18.1	0	8.99	20.0	0
	0.00	2	8.81	17.8	0	8.83	20.9	0	8.88	17.6	0	8.95	20.3	0	8.94	18.0	0	8.99	19.9	0
	0.00	3	8.82	18.5	0	8.80	21.0	0	8.89	17.1	0	8.90	21.1	0	8.90	18.5	0	8.85	20.2	0
	0.00	4	8.82	18.0	0	8.81	20.5	0	8.88	17.5	0	8.99	21.5	0	8.80	18.1	0	8.99	20.0	0

Anexo 2

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para los porcentajes de mortalidad de los alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" sometidos a las concentraciones del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) registrados a las 24, 48 y 72 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Muertos acumulado 24 horas	18	34.44	37.92	0.73	<0.0001
Muertos acumulado 48 horas	18	57.22	43.22	0.74	<0.0001
Muertos acumulado 72 horas	18	62.78	44.30	0.68	<0.0001

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 Furadán (i.a. carbofurano) registrados a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

Variable	Concentración (mg/l)	N	Medias	H	p
Muertos acumulado 24 horas	0.00	2	0.00	15.67	0.0028
Muertos acumulado 24 horas	5.00	4	5.00		
Muertos acumulado 24 horas	10.00	4	17.50		
Muertos acumulado 24 horas	15.00	4	32.50		
Muertos acumulado 24 horas	20.00	4	100.00		

Trat.	Ranks			
0.00	2.50	A		
5.00	4.25	A		
10.00	8.25	A	B	
15.00	12.50		B	C
20.00	16.50			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4

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 Furadán (i.a. carbofurano) registrados a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

Variable	Concentración (mg/l)	N	Medias	H	p
Muertos acumulado 48 horas	0.00	2	0.00	14.91	0.0029
Muertos acumulado 48 horas	5.00	4	5.00		
Muertos acumulado 48 horas	10.00	4	55.00		
Muertos acumulado 48 horas	15.00	4	97.50		
Muertos acumulado 48 horas	20.00	4	100.00		

Trat.	Ranks		
0.00	2.50	A	
5.00	4.00	A	
10.00	8.50	A	B
15.00	14.00		B
20.00	15.00		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5

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 Furadán (i.a. carbofurano) registrados a las 72 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

Variable	Concentración (mg/l)	N	Medias	H	p
Muertos acumulado 72 horas	0.00	2	0.00	14.84	0.0024
Muertos acumulado 72 horas	5.00	4	5.00		
Muertos acumulado 72 horas	10.00	4	77.50		
Muertos acumulado 72 horas	15.00	4	100.00		
Muertos acumulado 72 horas	20.00	4	100.00		

Trat.	Ranks		
0.00	2.50	A	
5.00	4.00	A	
10.00	8.50	A	B
15.00	14.50		B
20.00	14.50		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6

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

Porcentaje	Percentil	Error estándar	95,0% Fiducial CI	
			Inferior	Superior
1	4.21766	1.35242	0.748759	6.38261
2	5.43076	1.21180	2.34188	7.38277
3	6.20043	1.12485	3.34813	8.02187
4	6.77943	1.06092	4.10213	8.50560
5	7.25040	1.01004	4.71318	8.90135
6	7.65126	0.967647	5.23142	9.24005
7	8.00274	0.931275	5.68421	9.53864
8	8.31745	0.899415	6.08819	9.80743
9	8.60367	0.871084	6.45428	10.0532
10	8.86713	0.845603	6.79004	10.2806
20	10.8249	0.680388	9.23521	12.0206
30	12.2365	0.600756	10.9154	13.3582
40	13.4428	0.571575	12.2678	14.5844
50	14.5702	0.582107	13.4500	15.8123
60	15.6976	0.627404	14.5573	17.1151
70	16.9038	0.706727	15.6764	18.5746
80	18.3155	0.827827	16.9269	20.3419
90	20.2733	1.02647	18.5981	22.8558
91	20.5367	1.05501	18.8193	23.1978
92	20.8229	1.08637	19.0589	23.5700
93	21.1376	1.12125	19.3216	23.9801
94	21.4891	1.16066	19.6140	24.4390
95	21.8900	1.20614	19.9465	24.9635
96	22.3610	1.26020	20.3359	25.5810
97	22.9400	1.32749	20.4446	26.3417
98	23.7096	1.41813	21.4446	27.3553
99	24.9227	1.56323	22.4358	28.9574

Anexo 7

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

Porcentaje	Percentil	Error estándar	95,0% Fiducial CI	
			Inferior	Superior
1	3.16682	1.02927	0.429250	4.78262
2	3.92294	0.931747	1.46053	5.39501
3	4.40267	0.871298	2.11197	5.78643
4	4.76355	0.826731	2.60020	6.08270
5	5.05710	0.791155	2.99596	6.32507
6	5.30696	0.761422	3.33170	6.53248
7	5.52603	0.735816	3.62514	6.71529
8	5.72219	0.713298	3.88703	6.87980
9	5.90058	0.693187	4.12446	7.03018
10	6.06480	0.675012	4.34232	7.16930
20	7.28504	0.553206	5.93365	8.23059
30	8.16492	0.486446	7.03648	9.04048
40	8.91675	0.450403	7.93330	9.77803
50	9.61947	0.438839	8.72275	10.5162
60	10.3222	0.450397	9.46090	11.3056
70	11.0740	0.486435	10.1985	12.2024
80	11.9539	0.553190	11.0084	13.3052
90	13.1741	0.674993	12.0697	14.8966
91	13.3383	0.693167	12.2088	15.1144
92	13.5167	0.713278	13.3592	15.3518
93	13.7192	0.735796	12.5237	15.6137
94	13.9320	0.761401	12.7065	15.9072
95	14.1818	0.791134	12.9139	16.6387
96	14.4754	0.826709	13.1563	16.6387
97	14.8363	0.871276	13.4525	17.1269
98	15.3160	0.931725	13.8440	17.7783
99	16.0721	1.02925	14.4563	18.8096

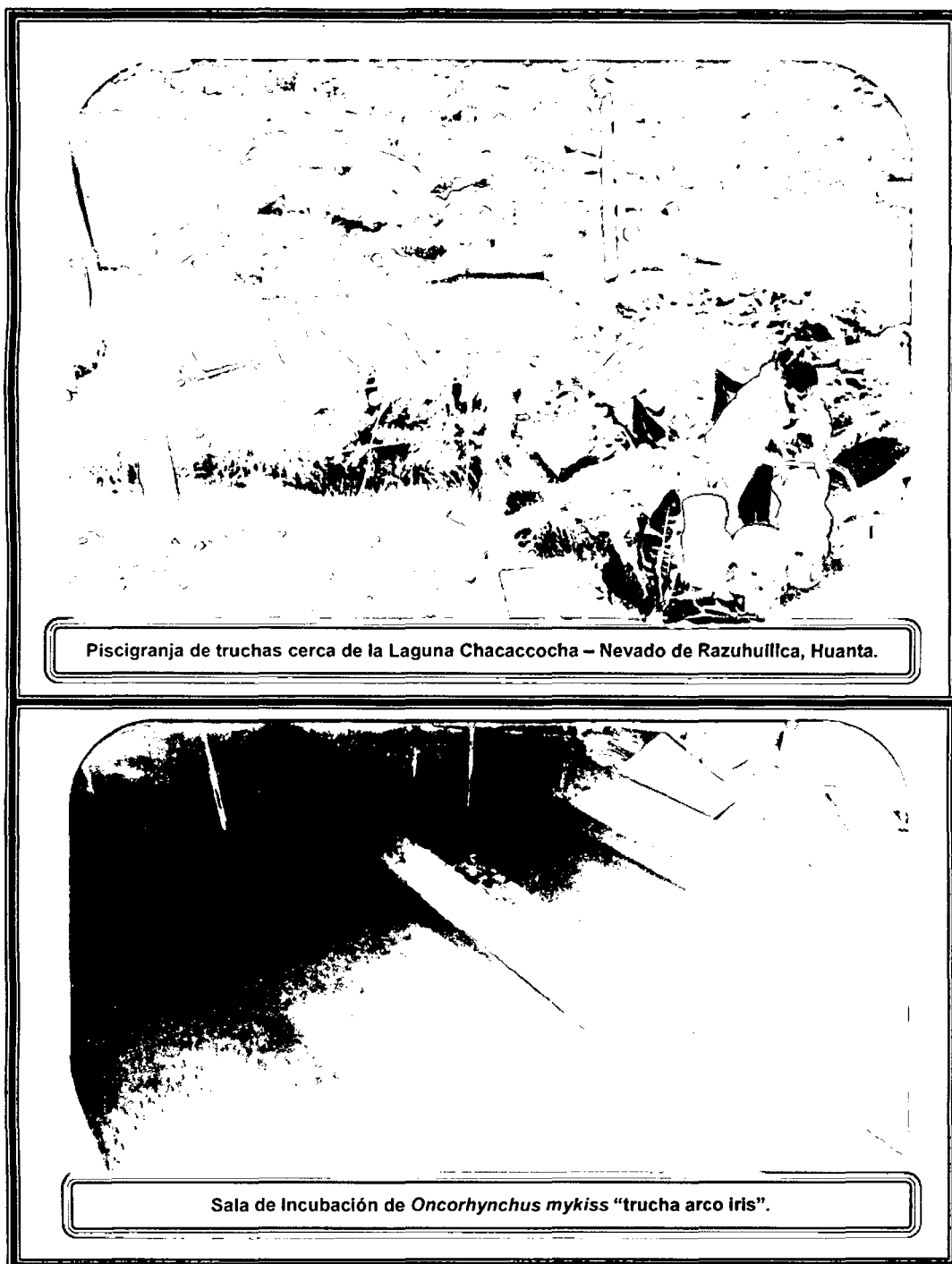
Anexo 8

Percentiles (concentración letal media en mg/L) del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) sometidas a las 72 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis Probit. Ayacucho, 2015.

Porcentaje	Percentil	Error estándar	95,0% Fiducial CI	
			Inferior	Superior
1	3.61690	0.872896	1.20715	4.96225
2	4.17974	0.793196	2.00534	5.41088
3	4.53684	0.743787	2.50942	5.69786
4	4.80547	0.707350	2.88714	5.91523
5	5.02399	0.678252	3.19327	6.09315
6	5.20998	0.653920	3.45295	6.24549
7	5.37305	0.632954	3.67987	6.37981
8	5.51907	0.614503	3.88239	6.50075
9	5.65186	0.598011	4.06598	6.61133
10	5.77410	0.583094	4.23442	6.71368
20	6.68243	0.482447	5.46461	7.49564
30	7.33740	0.425819	6.31739	8.09376
40	7.89704	0.393150	7.01139	8.63957
50	8.42013	0.379320	7.62225	9.18741
60	8.94322	0.383459	8.19218	9.77624
70	9.50287	0.407118	8.75823	10.4499
80	10.1578	0.455802	9.37379	11.2853
90	11.0662	0.549482	10.1706	12.5006
91	11.1884	0.563729	10.2743	12.6677
92	11.3212	0.579548	10.3863	12.8499
93	11.4672	0.597321	10.5087	13.0510
94	11.6303	0.617598	10.6444	13.2765
95	11.8163	0.641222	10.7982	13.5347
96	12.0348	0.669582	10.9777	13.8393
97	12.3034	0.705231	11.1966	14.2154
98	12.6605	0.753759	11.4854	14.7177
99	13.2234	0.832372	11.9362	15.5137

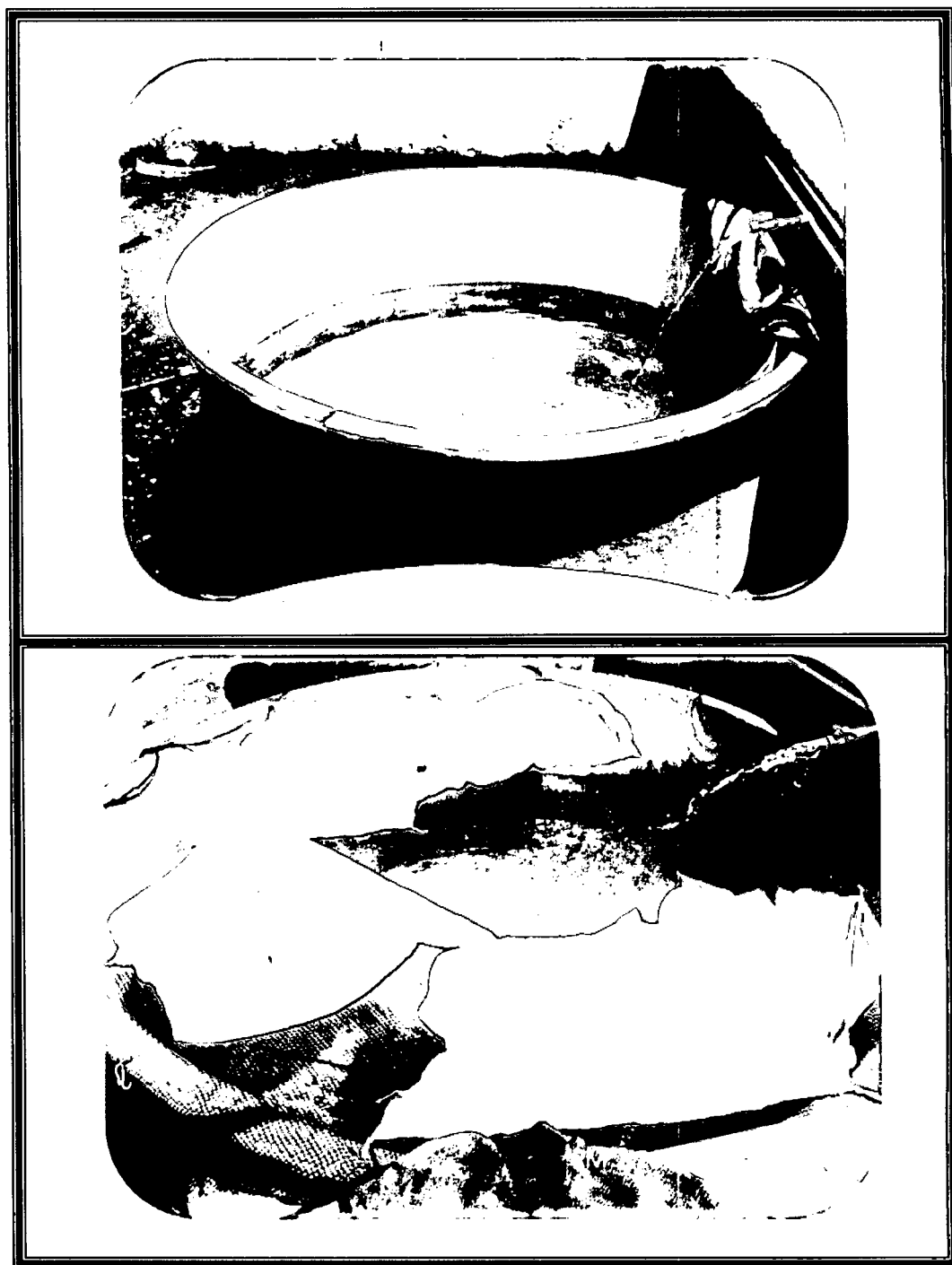
Anexo 9

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



Anexo 10.

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



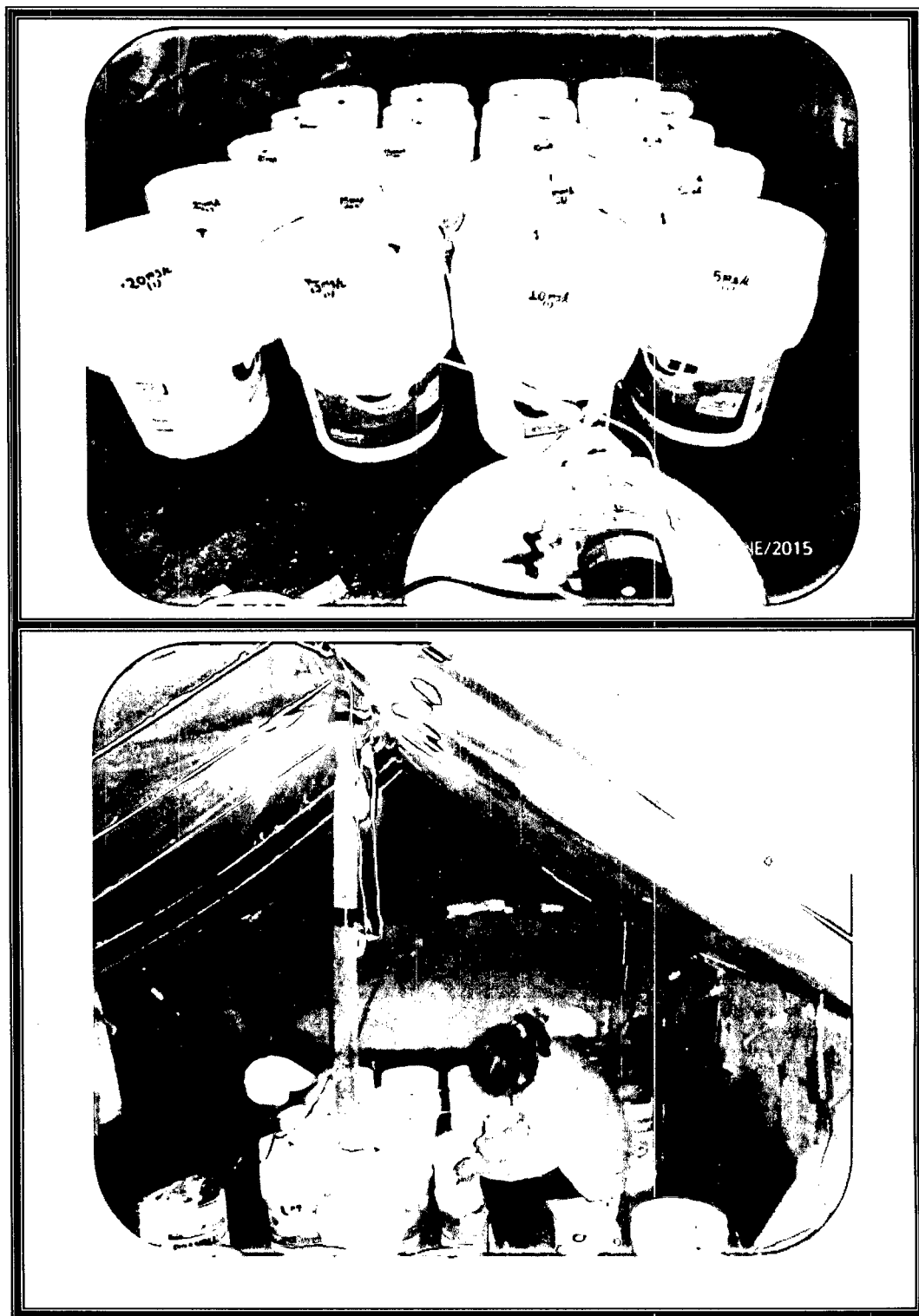
Anexo 11.

Tesista preparando la solución madre para diferentes concentraciones del plaguicida Furadán (i.a. carbofurano) en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.



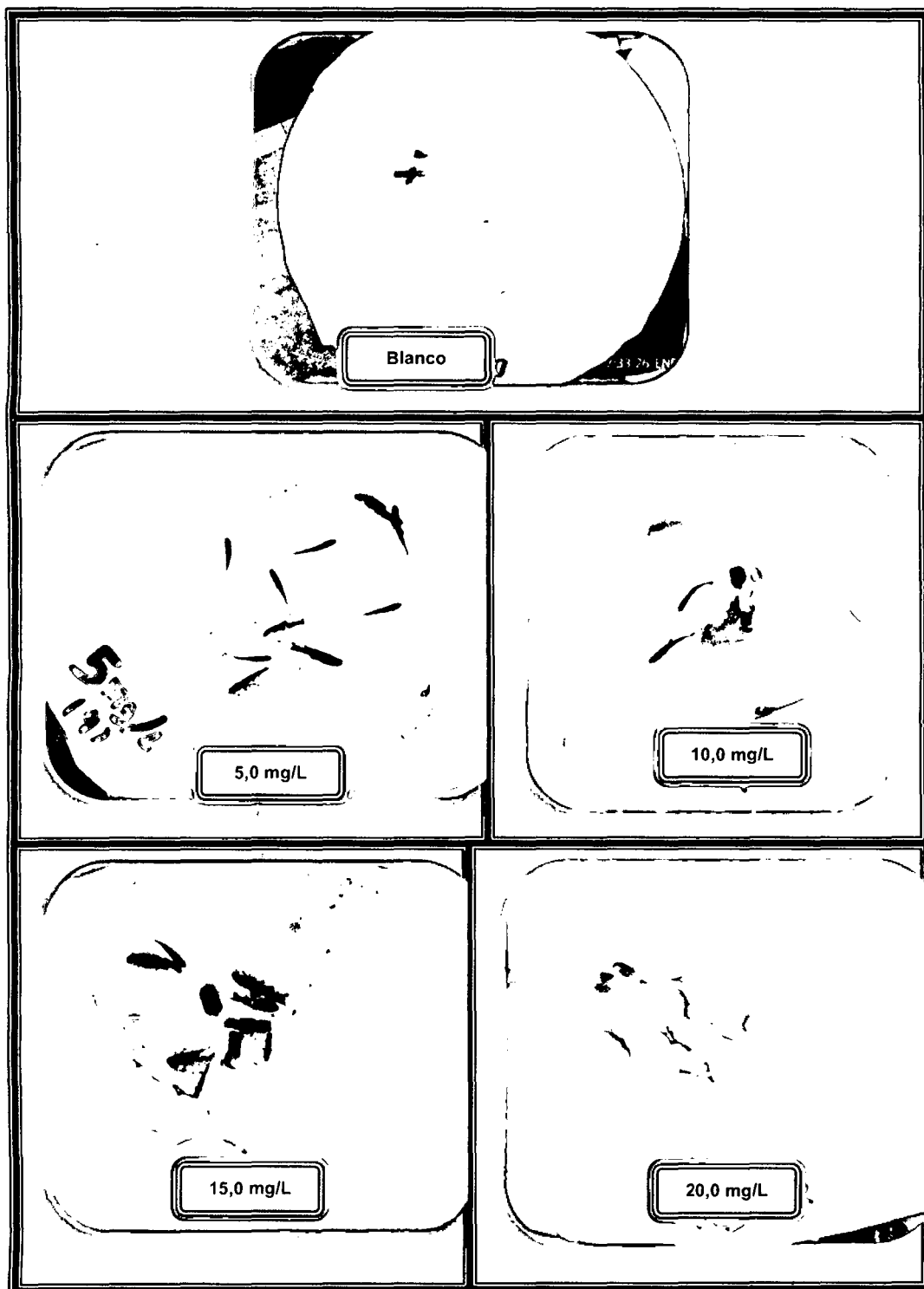
Anexo 12.

Unidades experimentales en el área de estudio y recolección de datos en el Parque Zoológico – “La Totorilla”. Ayacucho, 2015.



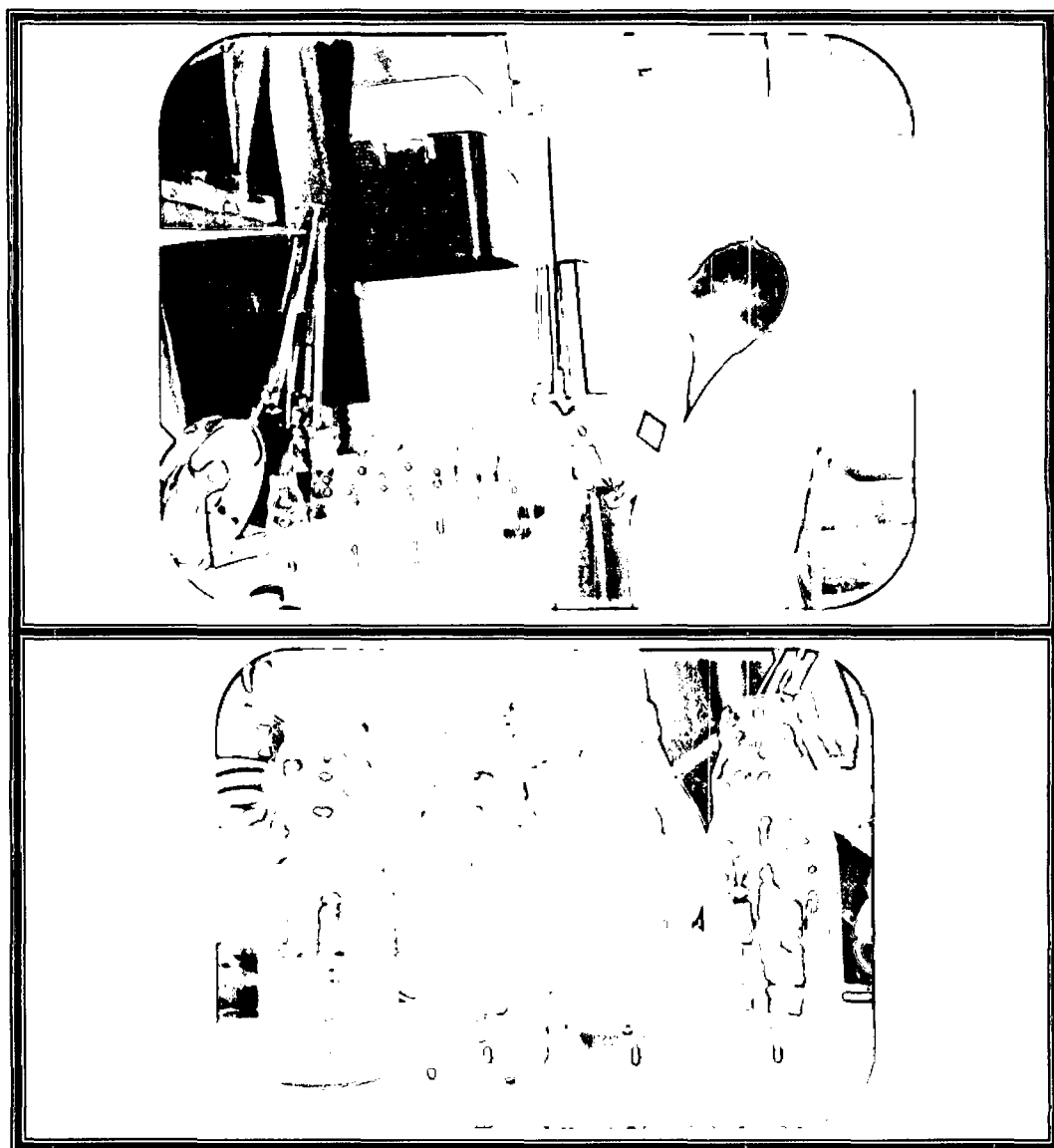
Anexo 13.

Alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" bajo diferentes concentraciones de Furadán (i.a. carbofurano) en el Parque Zoológico – "La Totorilla". Ayacucho, 2015.



Anexo 14.

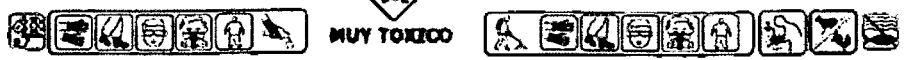
Análisis fisicoquímicos del agua del Parque Zoológico - "La Totorilla". Ayacucho, 2015.



Anexo 15.

Etiqueta del plaguicida Furadán.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS Grupo Químico: Carbocarbano pertenece al grupo de los carbamatos. No aplicar FURADAN 4F en áreas ocupadas por seres humanos o animales. Para su manipulación se deben utilizar equipos de protección individual consistente en overol impermeable, máscara con filtro, antiparras, botas de goma, guantes protectores de goma. Durante la aplicación utilizar equipos overol impermeable, máscara con filtro, antiparras, botas de goma y guantes protectores de goma o neopreno y lavarse antes de quitárselos. Lavar la piel antes de comer, beber o fumar. Enjuagarse al finalizar la manipulación y aplicación. Se debe lavar toda la ropa de trabajo antes de volver a usarla. Efectos ambientales: Tóxico a animales y aves, organismos acuáticos, peces y abejas. <<LA ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DEBERÁ EFECTUARSE DE ACUERDO CON INSTRUCCIONES DE LA AUTORIDAD COMPETENTE>> <<NO LAVAR LOS ENVASES O EQUIPOS DE APLICACIÓN EN LAGOS, RÍOS U OTRAS FUENTES DE AGUA>> <<REALIZAR TRIPLE LAVADO DE LOS ENVASES, INUTILIZARLOS Y ELIMINARLOS DE ACUERDO CON INSTRUCCIONES DE LAS AUTORIDADES COMPETENTES>> <<NO TRANSPORTAR NI ALMACENAR CON ALIMENTOS, PRODUCTOS VEGETALES O CUALESQUIERA OTROS QUE ESTÉN DESTINADO AL USO O CONSUMO HUMANO O ANIMAL>> <<MANTENER FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS Y DE PERSONAS INEXPERTAS>> <<EN CASO DE INTOXICACIÓN MOSTRAR LA ETIQUETA, Y EL ENVASE AL PERSONAL DE SALUD>> <<NO INGRESAR AL ÁREA TRATADA ANTES DEL PERÍODO INDICADO DE REINGRESO>> Almacenar en sus envases originales con su respectiva etiqueta, en lugar seguro, fresco y seco, separado de los herbicidas, fertilizantes. Instrucciones para el Triple Lavado: Paso 1: Llenar el envase con agua hasta un cuarto de su capacidad total. Paso 2: Tapar el envase y agitarlo vigorosamente durante 30 segundos, asegurarse de que el agua se mueva por todo el interior y que no se dejen áreas sin limpiar. Paso 3: Verter el contenido en el estanque del equipo de aplicación. El procedimiento descrito se repite tres veces, finalmente debe recordarse inutilizar el envase para evitar que sea reutilizado. Síntomas en caso de intoxicación: Malestar, debilidad muscular, mareo, transpiración, dolor de cabeza, cansancio, salivación abundante, dolor abdominal, náuseas, vómitos, diarrea, visión borrosa, opresión y dolor del pecho, edema pulmonar. Debido a un contacto prolongado puede causar irritación y enrojecimiento de la piel. Primeros auxilios: Trasladar al afectado INMEDIATAMENTE a un Centro Asistencial. Llevar el envase o etiqueta. Si es inhalado: Traslado al afectado al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si es ingerido: Si el afectado se encuentra totalmente consciente y alerta, dar a beber 2 a 3 vasos de agua e inducir el vómito. No se debe inducir el vómito ni dar nada por la boca a una persona inconsciente. Contacto con la piel: Sacar las ropas y zapatos contaminados y lavar la zona afectada con agua y jabón incluyendo el pelo y las uñas. Contacto con los ojos: Retirar lentes de contacto ópticos cuando proceda. Lavar los ojos con abundante agua limpia por 10 a 15 minutos manteniendo los párpados abiertos. Tratamiento médico de Emergencia: <u>Tratamiento Médico:</u> Información para el médico tratante: El ingrediente activo de este producto, pertenece al grupo químico Carbamato. Las medidas generales de tratamiento son: <u>Vías Aéreas:</u> Aspirar secreciones. Administrar oxígeno. Se puede producir edema pulmonar. <u>Atropina:</u> administrar atropina hasta que aparezcan signos de atropinización. <u>Descontaminación Dérmica:</u> Limpiar zona afectada, incluyendo cabello y uñas. <u>Descontaminación Gastrointestinal:</u> Si se ha ingerido una gran cantidad, el médico deberá evaluar realizar lavado gástrico. En ingestiones significativas, la diarrea y el vómito pueden ser constantes, por lo que la catarsis podría estar contraindicada. <u>Contraindicaciones:</u> Morfina, succinilcolina, teofilina. <u>Monitorización:</u> Por lo menos 72 horas, condición cardiopulmonar. <u>Antídoto:</u> Administrar Atropina en dosis de 1 a 2 mg por vía I.V. Dosis niños: 0,05 mg/kg por vía I.V. Para ambos repetir la dosis cada 10 minutos hasta que aparezcan signos de atropinización. NOTA: Como la aplicación práctica y una serie de otros factores que influyen en el éxito del empleo del producto escapan totalmente a nuestro control, no podemos dar garantía alguna respecto de los resultados que se obtengan de su uso. Por consiguiente, los riesgos son de responsabilidad del usuario, cualquiera que fuese el método de aplicación que se emplee, garantizamos la calidad óptima e invariable y el porcentaje de contenido activo de este producto hasta el momento que sigue de nuestro control directo. TELÉFONOS DE EMERGENCIA: ASP Chile S.A.: 2-2444 7111. RITA Chile: 2-2777 1994/2861 9414	FURADAN 4 F INSECTICIDA NEMATOCIDA SUSPENSIÓN CONCENTRADA SC FURADAN® 4 F es un insecticida - nematocida efectivo para el control de nemátodos (Meloidogyne, Xiphinema, Ciconemella) e insectos (Nepusculus, Agrotis, Agrotinus). Como se indica en el cuadro de Instrucciones de Uso. Composición: Ingrediente activo: Carbocarbano.....47,9% p/p (479 g/kg) Colormarantes c.s.p.....100% p/p (1 kg) *Melicarbamato de 2,3-dihidro-2,2-dimetilbenzofuran-7-ilo Autorización Servicio Agrícola y Ganadero Nº 1078 Número de Lote: Fecha de Vencimiento: Contenido Neto: LEA ATENTAMENTE LA ETIQUETA ANTES DE USAR EL PRODUCTO NO INFLAMABLE-NO CORROSIVO-NO EXPLOSIVO Fabricante: FMC® Corp Av. Dr. José Coutinho Nogues 150 Campinas SP Brasil FMC Corporation APG 1735 Market Street, Philadelphia, PA Estados Unidos Importado y Distribuido por: ASP Chile S.A. Av. América Vespucio 2860 p.11 Teléfono: 4447111 Fax: 4413705 Conchalí - Santiago ® FMC y Furadán son marcas registradas de FMC Corporation. Patente Número 20087 de FMC Corporation.	INSTRUCCIONES DE USO FURADAN® 4 F es un insecticida - nematocida. Su acción insecticida cuando se aplica al follaje es de contacto e ingestión. Aplicado al suelo es absorbido por las raíces, donde ejerce su acción nematocida. Se translocan a la parte aérea de la planta, donde ejerce su acción insecticida. Posee una gran poder de volteo (knock down), característica que lo hace ser una valiosa herramienta en el control de vectores de virus para los cultivos mencionados en el cuadro de Instrucciones de Uso. Aplicar el envase antes de usar. TODAS LAS APLICACIONES DE ESTE PRODUCTO DEBEN HACERSE AL SUELO Instrucciones de Uso <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Cultivo/Frutas</th> <th>Plaga</th> <th>Dosis</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, arándanos, frambuesas, manzanos, perales y nogales.</td> <td>Meloidogyne incognita, M. hapla, M. arenaria, Xiphinema index, X. citiflorum, X. floricola, X. inaequalis, Ciconemella, Pratylenchus penetrans, P. vulnus, P. ornatus, Paratylenchus, Tylenchulus, Heterodera vires, Globodera.</td> <td>8 a 10 L/ha</td> <td>Debe aplicarse el suelo a través del sistema de riego. En frutales de hoja caduca en poscosecha. En frutales de hoja persistente en octubre y abril. Se recomienda realizar monitoreo de poblaciones de nemátodos para determinar la necesidad de repetir la aplicación. Puede aplicarse hasta 2 veces en la temporada. Con un mínimo de 60 días entre aplicaciones.</td> </tr> <tr> <td>Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, arándanos, frambuesas, manzanos, perales, nogales, frambuesas al transplante.</td> <td>Agrotis spp., Elasmopalpus spp., Nepusculus spp., Agrotinus spp., Pulgón Lanigero, Eriosoma lanigerum.</td> <td>50-80 cc/100 L</td> <td>Inmersión de raíces en la solución, inmediatamente antes del transplante por 30 minutos. De manera tal de controlar endo y ecto parásitos. Debe renovarse la mezcla cuando se forme sedimento en la base del estanque.</td> </tr> <tr> <td>Almendros de Hortalizas (Tomates y pimentón)</td> <td></td> <td>1 a 3 cc/m² en 2 a 3 L agua</td> <td>Aplicar con regadera. Repetir 20 a 30 días después.</td> </tr> <tr> <td>Viveros de Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, manzanos, perales, nogales, pino, ornamentales y eucafitos.</td> <td></td> <td>2 a 4 cc/m² en 2 a 4 L agua</td> <td>Aplicar en cama de semillas. Repetir el tratamiento después del replante. Puede aplicarse hasta 2 veces en la temporada. Con un mínimo de 60 días entre aplicaciones.</td> </tr> </tbody> </table> En frutales de hoja caduca aplicar en primavera y poscosecha. Para frutales de hoja persistente aplicar a fines de octubre y en abril. Puede aplicarse hasta 2 veces en la temporada. Con un mínimo de 60 días entre aplicaciones. Aplicar dosis mayor en suelos que han tenido un historial de presencia de nemátodos en temporadas anteriores o cuando existe una alta presión de la plaga. Para el caso de los insectos, se recomienda aplicar la dosis más alta cuando existe una alta presión de la plaga y/o cuando las condiciones medioambientales favorecen el desarrollo de poblaciones de alta densidad. Preparación de la mezcla: Una vez que el estanque este medio, debe adicionarse el producto, para luego completar la capacidad del estanque. Durante el proceso de llenado y aplicación el agitador debe mantenerse funcionando. Incompatibilidad: No mezclar con productos de reacción alcalina. Fototoxicidad: El producto no es fototóxico si se usa de acuerdo a las instrucciones. Tiempo de reingreso al Área Tratada (personas y animales): Deben transcurrir 24 horas desde la aplicación antes de permitir el ingreso de personas al área tratada. El producto no se aplica en zonas de pastoreo ni en praderas por lo que no corresponde definir un periodo de reingreso para animales. Carenecia: 65 días. El producto no debe ser aplicado cuando hay pronóstico de lluvias, heladas severas ni en condiciones de estrés hídrico. Tampoco se debe aplicar en horas de calor extremo. Nota: No aplicar en suelos alcalinos con pH superior a 8,5.	Cultivo/Frutas	Plaga	Dosis	Observaciones	Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, arándanos, frambuesas, manzanos, perales y nogales.	Meloidogyne incognita, M. hapla, M. arenaria, Xiphinema index, X. citiflorum, X. floricola, X. inaequalis, Ciconemella, Pratylenchus penetrans, P. vulnus, P. ornatus, Paratylenchus, Tylenchulus, Heterodera vires, Globodera.	8 a 10 L/ha	Debe aplicarse el suelo a través del sistema de riego. En frutales de hoja caduca en poscosecha. En frutales de hoja persistente en octubre y abril. Se recomienda realizar monitoreo de poblaciones de nemátodos para determinar la necesidad de repetir la aplicación. Puede aplicarse hasta 2 veces en la temporada. Con un mínimo de 60 días entre aplicaciones.	Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, arándanos, frambuesas, manzanos, perales, nogales, frambuesas al transplante.	Agrotis spp., Elasmopalpus spp., Nepusculus spp., Agrotinus spp., Pulgón Lanigero, Eriosoma lanigerum.	50-80 cc/100 L	Inmersión de raíces en la solución, inmediatamente antes del transplante por 30 minutos. De manera tal de controlar endo y ecto parásitos. Debe renovarse la mezcla cuando se forme sedimento en la base del estanque.	Almendros de Hortalizas (Tomates y pimentón)		1 a 3 cc/m² en 2 a 3 L agua	Aplicar con regadera. Repetir 20 a 30 días después.	Viveros de Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, manzanos, perales, nogales, pino, ornamentales y eucafitos.		2 a 4 cc/m² en 2 a 4 L agua	Aplicar en cama de semillas. Repetir el tratamiento después del replante. Puede aplicarse hasta 2 veces en la temporada. Con un mínimo de 60 días entre aplicaciones.
Cultivo/Frutas	Plaga	Dosis	Observaciones																			
Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, arándanos, frambuesas, manzanos, perales y nogales.	Meloidogyne incognita, M. hapla, M. arenaria, Xiphinema index, X. citiflorum, X. floricola, X. inaequalis, Ciconemella, Pratylenchus penetrans, P. vulnus, P. ornatus, Paratylenchus, Tylenchulus, Heterodera vires, Globodera.	8 a 10 L/ha	Debe aplicarse el suelo a través del sistema de riego. En frutales de hoja caduca en poscosecha. En frutales de hoja persistente en octubre y abril. Se recomienda realizar monitoreo de poblaciones de nemátodos para determinar la necesidad de repetir la aplicación. Puede aplicarse hasta 2 veces en la temporada. Con un mínimo de 60 días entre aplicaciones.																			
Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, arándanos, frambuesas, manzanos, perales, nogales, frambuesas al transplante.	Agrotis spp., Elasmopalpus spp., Nepusculus spp., Agrotinus spp., Pulgón Lanigero, Eriosoma lanigerum.	50-80 cc/100 L	Inmersión de raíces en la solución, inmediatamente antes del transplante por 30 minutos. De manera tal de controlar endo y ecto parásitos. Debe renovarse la mezcla cuando se forme sedimento en la base del estanque.																			
Almendros de Hortalizas (Tomates y pimentón)		1 a 3 cc/m² en 2 a 3 L agua	Aplicar con regadera. Repetir 20 a 30 días después.																			
Viveros de Almendros, cerezos, damascos, durazneros, nectarinas, viñas, parronales, limoneros, naranjos, clementinas, manzanos, perales, nogales, pino, ornamentales y eucafitos.		2 a 4 cc/m² en 2 a 4 L agua	Aplicar en cama de semillas. Repetir el tratamiento después del replante. Puede aplicarse hasta 2 veces en la temporada. Con un mínimo de 60 días entre aplicaciones.																			



MUY TÓXICO

Anexo 16.

Bioseguridad en manejo de plaguicidas.

Infografía

Manejo y uso seguro de plaguicidas en la producción agrícola

LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) REUNEN TODOS LOS PRINCIPIOS QUE SE DEBEN APLICAR A UNA ACTIVIDAD PRODUCTIVA PARA GARANTIZAR LA INOCUIDAD ALIMENTARIA, LA SEGURIDAD DE LOS CONSUMIDORES Y LOS TRABAJADORES Y LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE. El buen manejo y uso seguro de los plaguicidas aplicados en la producción agrícola es uno de los componentes más importantes dentro de las BPA. Su uso responsable ayuda a disminuir los riesgos de contaminación en los productos cosechados, a proteger la salud de las personas y a mitigar los efectos de los insumos agrícolas sobre el medio ambiente.

1. Compra de plaguicidas



- 100 Cuando requiera usar plaguicidas, sólo productos registrados ante el Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-.
- 100 Sigue las recomendaciones del fabricante sobre la aplicación de plaguicidas y/o acudir a un asistente técnico capacitado.
- 100 Revisa la ficha técnica de los productos que compra, esto le ayudará a conocer sus riesgos y cómo actuar en caso de alguna emergencia.
- 100 Procura adquirir el producto de menor categoría toxicológica.
- 100 No utilice más cantidad del plaguicida de la necesaria para el cultivo.
- 100 Almacene los plaguicidas en sitios retirados de la vivienda, seguros, ventilados y cerrados con llave para evitar su exposición y/o contacto con personas inocuas.

2. Transporte de plaguicidas



- 100 Verifique que los envases y etiquetas de los plaguicidas estén en buen estado.
- 100 No transporte plaguicidas junto con productos comestibles ni al interior de la cabina.
- 100 Acostúmbrase recipientes resistentes y no absorbentes para transportar el producto desde la bodega de almacenamiento hasta la zona de la huerta y resérvelos únicamente para este uso.

3. Almacenamiento de plaguicidas



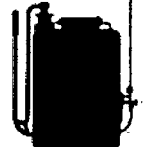
- 100 Capacite a las personas de su equipo de trabajo en la prevención de accidentes, primeros auxilios y manejo seguro de plaguicidas en caso de que se presente una intoxicación.

4. Preparación de plaguicidas



- 100 Tanto el productor como el encargado de la aplicación de los plaguicidas, debe leer y entender la información de la etiqueta del producto, sus advertencias y recomendaciones.

6. Calibración de equipos



- 100 Seleccione el método de calibración de fumigadoras o equipos que se adapten a las necesidades de su cultivo.
- 100 Una adecuada calibración de los equipos permite aplicar la cantidad indicada de plaguicidas y reduce los sobrados de la mezcla optimizando su inversión.
- 100 Realice la calibración solamente con agua.

8. Rotación de plaguicidas



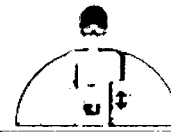
- 100 Tenga en cuenta que después de una aplicación de plaguicidas, usted deberá poner un aviso informativo en un lugar visible, en donde indique claramente la fecha y hora de dicha aplicación y del regreso al lote (también debe incluir la prohibición de ingreso).

9. Lavado de envases de plaguicidas vacíos



- 100 Maneje los envases vacíos de plaguicidas de manera que se evite su exposición a las personas, así como la contaminación del medio ambiente.
- 100 No reutilice envases vacíos de plaguicidas.
- 100 Tenga en cuenta las indicaciones de triple lavado e inutilice al envase tan pronto termine el plaguicida.
- 100 Contacte al Programa Campo Limpio® para la correcta disposición final de los envases vacíos.

5. Preparación de la mezcla



- 100 Realice la mezcla en un lugar diseñado para esta actividad (zona de mezcla).
- 100 Tenga a la mano los utensilios de medición y la protección necesaria y de uso exclusivo, de acuerdo a las recomendaciones del aditivo técnico.

7. Aplicación de plaguicidas



- 100 El personal dedicado a la aplicación de plaguicidas debe estar capacitado en las procedimientos operativos para lograr una alta efectividad del producto y prevenir riesgos de contaminación directa o indirecta.
- 100 El personal responsable de la aplicación debe estar dotado con los elementos de protección indicados en la etiqueta del producto.
- 100 En caso de presentarse sobrados de la mezcla no la vuelva aplicar sobre el cultivo tratado, no la guarde para posteriores aplicaciones y dispóngala en la zona destinada para este fin.

Anexo 17. Matriz de Consistencia

TITULO: Efecto toxicológico agudo del plaguicida Furadán sobre alevinos de *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris". Ayacucho 2015.
AUTOR: Bach. Vallejo Vilca, Nélida **ASESOR:** Dr. Carrasco Badajoz, Carlos Emilio

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál será el efecto toxicológico agudo de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del principio activo del plaguicida Furadán (Carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arco iris" en la ciudad de Ayacucho durante el año 2015?	Objetivos generales: Determinar el efecto toxicológico agudo de 04 concentraciones (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del principio activo del plaguicida Furadán (carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arco iris" en la ciudad de Ayacucho durante el año 2015. Objetivos específicos: 1. Hallar el porcentaje de mortalidad de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del principio activo del plaguicida Furadán (carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arco iris". 2. Determinar la concentración letal media (CL₅₀) de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del principio activo del plaguicida Furadán (carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arco iris". 3. Comparar el porcentaje de mortalidad y concentración letal media (CL₅₀) de 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) del principio activo del plaguicida Furadán (carbofurano) en tres tiempos de exposición (24, 48 y 72 horas) sobre alevinos de <i>Oncorhynchus mykiss</i> "trucha arco iris"	Ecosistemas acuáticos Contaminación de ecosistemas acuáticos Toxicidad en ecosistemas acuáticos Efecto de la contaminación sobre los organismos acuáticos Características generales del plaguicida Furadán Toxicidad de plaguicida Furadán (carbofurano) Toxicidad aguda Efecto de plaguicidas sobre el ambiente biótico. La "trucha arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i> Calidad de agua	A mayor concentración del plaguicida Furadán 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.	Variable independiente • Plaguicida Furadán Indicador: 04 concentraciones crecientes (5,00; 10,00; 15,00 y 20,00 mg/L) • Tiempo de exposición al plaguicida Indicador: 24 , 48 y 72 horas Variable dependiente • Mortalidad Indicador: Porcentaje de mortalidad de alevinos de O. mykiss muertos • Concentración letal media (CL₅₀) Indicador: mg/L del plaguicida Furadán	Tipo de investigación: Básica Nivel de investigación: Experimental básica Diseño: Experimental Muestreo: Aleatorio Técnicas: Observación Determinación Instrumentos: Observación

