

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Respuesta toxicológica de alevinos de trucha "arco
iris" *Oncorhynchus mykiss* frente a dos
detergentes comerciales en cuatro
concentraciones. Ayacucho, 2014.**

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

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

PRESENTADO POR:

Bach. RAYME CHALCO, Carolina

AYACUCHO – PERÚ

2015

Biblioteca U.N.S.C.H.
INGRESO: 185686

Tesis
B729
Ray
Ej. 2

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

R.D.N° 111-2015-UNSCH-FCB-D

Bach. Rayme Chalco, Carolina

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cinco de la tarde, del día veintiuno de mayo del año dos mil quince, en el auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, reunidos los miembros del jurado evaluador, Presidido por el Dr. Homero Ango Aguilar, en calidad de presidente del jurado y decano de la Facultad e integrados por los profesores Dr. Carlos Carrasco Badajoz, Mg. Pedro Ayala Gómez, Mg. Saturnino Martín Tenorio Bautista y Blgo. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui como miembros, y secretario docente el Blgo. Elbert Hermoza Valdivia, con la finalidad de recepcionar en acto público la sustentación de tesis titulada Respuesta toxicológica de dos detergentes comerciales en cuatro concentraciones sobre la trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*. Ayacucho 2014, presentado por la Bach. en Ciencias Biológicas Srta, Rayme Chalco Carolina quien pretende optar el Título profesional de Bióloga con mención en la especialidad de Ecología y Recursos Naturales.

Una vez que fue constatada la documentación sustentatoria, para la exposición, el Sr. Decano invita a la sustentante para que realice su exposición en un tiempo no mayor a cuarenta y cinco minutos, acto seguido la Srta. Rayme Chalco Carolina inicia su exposición, haciéndolo en forma clara y segura cumpliendo con el tiempo indicado. Concluida con su exposición el Sr. Decano invita a los miembros del jurado evaluador para que realicen sus preguntas o soliciten las aclaraciones que vean conveniente, es así que los profesores inician con su ronda de preguntas, las que una vez concluida con las respuestas hechas por la sustentante, en forma clara y precisa, el Sr. Decano invita a los asistentes y público asistente para que puedan hacer abandono del auditorio en forma momentánea con la finalidad de efectuar las decisiones y realizar la calificación respectiva quedando esta de la siguiente forma:

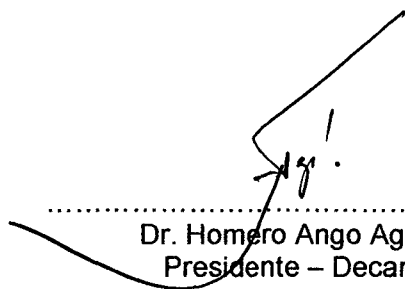
MIEMBRO JURADO	EXPOSICIÓN	RTA. PREGUNTAS	PROMEDIO
Dr. Homero Ango Aguilar	17	17	17
Mg. Saturnino Martín Tenorio Bautista	18	16	17

Blgo. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui	18	16	17
Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz	17	17	17
Mg. Pedro Ayala Gómez	17	17	17

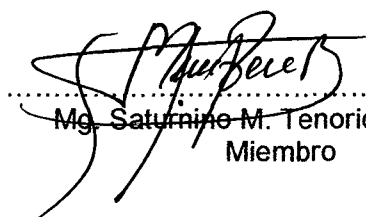
PROMEDIO FINAL: 17

El resultado obtenido se tiene la nota promedio de Diecisiete (17), lo que resulta ser aprobatoria, invitándose a la sustentante y público asistente para que hagan su ingreso al local para que en su acto público se dé a conocer el resultado y además colocar e imponer la medalla de la Universidad en calidad de reconocimiento como nueva profesional Bióloga y de la misma forma realiza la juramentación respectiva de acuerdo al reglamento.

Siendo las siete de la noche con cinco minutos, termina el acto de sustentación firmando los miembros del jurado dando fe de conformidad al acto.



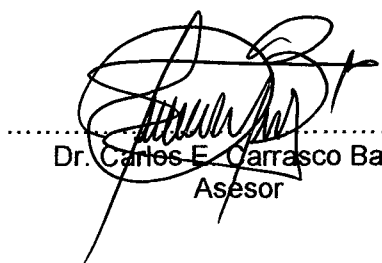
Dr. Homero Ango Aguilar
Presidente – Decano



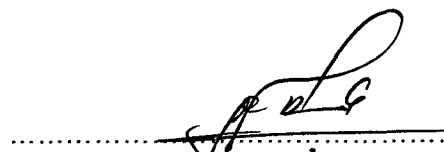
Mg. Saturnino M. Tenorio Bautista
Miembro



Blgo. Walter W. Ochoa Yupanqui
Miembro



Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz
Asesor



Mg. Pedro Ayala Gómez
Miembro



Blgo. Elbert Hermoza Valdivia
Secretario Docente

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	8
2.2.1. Toxicidad	8
2.2.2. Detergentes	8
2.2.3. Concentración letal media (CL ₅₀)	8
2.2.4. Tiempo de exposición	8
2.2.5. Mortalidad	8
2.2.6. Porcentaje de mortalidad	9
2.3. Bases teóricas	9
2.3.1. Contaminación de los ecosistemas acuáticos continentales	9
2.3.2. Contaminación del agua por productos químicos	9
2.3.3. Toxicidad en el medio acuático	9
2.3.4. Toxicidad acuática	10
2.3.5. Efecto de la contaminación sobre los organismos acuáticos	10
2.3.6. Rangos de tolerancia de los organismos	10
2.3.7. Bioindicadores	11
2.3.8. Bioensayos	11
2.3.9. Detergentes	13
2.3.10. La trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i>	16
2.3.11. Características fisicoquímicas de las aguas naturales	20
2.4. Marco legal	23
2.4.1. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)	23
2.4.2. Código Penal	24
2.4.3. Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)	24

A mis padres, hermanos, sobrinos y todas las personas que hicieron posible la culminación de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por acogerme y brindarme sus aulas para mi formación profesional.

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

A los docentes que han contribuido en mi formación, por ser portadores de sabiduría y sobre todo por su capacidad de transmitirla, que no solo aportaron en mi vida conocimientos científicos, sino que también me enseñaron acerca del mundo y de la vida real.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su orientación académica y contribución, que han permitido la elaboración y finalización del presente trabajo de tesis.

Al Blgo. Adrián Ramírez Quispe y la Comisión Administradora del Parque Zoológico "La Totorilla", por haberme brindado todas las facilidades para realizar mi trabajo de tesis.

A todas aquellas personas que con su invalorable apoyo contribuyeron en la materialización del presente trabajo.

2.4.4. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo 002-2008-MINAM)	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación de la zona de estudio	27
3.1.1. Ubicación política	27
3.1.2. Ubicación geográfica	29
3.2. Población y muestra	29
3.2.1. Población	29
3.2.2. Muestra	29
3.2.3. Unidad experimental	29
3.2.4. Sistema de muestreo	29
3.3. Metodología y recolección de datos	30
3.3.1. Obtención de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> .	30
3.3.2. Aclimatación de la trucha	30
3.3.3. Preparación de las soluciones de detergentes (Ariel y Patito)	30
3.3.4. Preparación de las unidades experimentales	31
3.3.5. Recolección de datos	32
3.4. Tipo de investigación	32
3.5. Análisis estadístico	33
IV. RESULTADOS	35
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	55
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Algunas propiedades fisicoquímicas del agua recomendadas para el cultivo de trucha "arco iris".	18
Tabla 2. Producción de truchas "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i> para el año 2012 en el Perú.	19
Tabla 3. Disposición de los baldes con diferentes concentraciones de detergentes.	31
Tabla 4. Distribución de las unidades experimentales según la concentración de detergente Ariel y detergente Patito.	32
Tabla 5. Valores de la Concentración Letal Media (CL ₅₀) y los intervalos de confianza a las 24 y 48 horas de exposición para los detergentes Ariel y Patito. Ayacucho, 2014.	43
Tabla 6. Características fisicoquímicas del agua de dos tratamientos basados en dos detergentes comerciales más un testigo. Ayacucho, 2014.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Producción de truchas “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> para el año 2012 en el Perú.	20
Figura 2. Mapa de ubicación política del Parque Zoológico “La Totorilla”.	28
Figura 3. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> a las 24 y 48 horas de exposición en dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.	35
Figura 4. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> a las 24 y 48 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.	36
Figura 5. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> registrados a las 24 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.	37
Figura 6. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> a las 48 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.	38
Figura 7. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> en función de las concentraciones del detergente Ariel y el valor de la concentración letal media (CL ₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2014.	39
Figura 8. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> en función de las concentraciones del detergente Patito y el valor de la concentración letal media (CL ₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2014.	40

- Figura 9. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Ariel y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2014. 41
- Figura 10. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Patito y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2014. 42

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Registro de datos (tratamientos, fecha, hora, temperatura del agua y mortalidad acumulada) en proceso experimental	61
Anexo 2. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para los porcentajes de mortalidad de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> sometidos a los detergentes Ariel y detergente Patito registrados a las 24 horas de exposición.	62
Anexo 3. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para los porcentajes de mortalidad de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> sometidos a los detergentes Ariel y detergente Patito registrados a las 48 horas de exposición.	63
Anexo 4. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> sometidos a cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales registrados a las 24 horas de exposición.	64
Anexo 5. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> sometidos a cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales registrados a las 48 horas de exposición.	65
Anexo 6. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> , según la combinación de cuatro concentraciones crecientes de detergente Ariel y detergente Patito y un blanco registrados a las 24 horas.	66
Anexo 7. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> , según la combinación de cuatro concentraciones crecientes de Detergente Ariel y detergente Patito y un blanco registrados a las 48 horas.	67

Anexo 8.	Percentiles (concentración letal media en g/L) de detergente Ariel sometidas a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.	68
Anexo 9.	Percentiles (concentración letal media en g/L) de detergente Patito sometidas a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.	69
Anexo 10.	Percentiles (concentración letal media en g/L) de detergente Ariel sometidas a las 48 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.	70
Anexo 11.	Percentiles (concentración letal media en g/L) de detergente Patito sometidas a las 48 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.	71
Anexo 12.	Prueba de Kruskal-Wallis para las características fisicoquímicas de las aguas de los tratamientos (dos detergentes y cuatro concentraciones).	72
Anexo 13.	Obtención de los alevinos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> .	73
Anexo 14.	Traslado y aclimatación de los alevinos de de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> .	74
Anexo 15.	Selección del detergente y pesaje de las diferentes concentraciones para el experimento.	75
Anexo 16.	Disposición y preparación de los recipientes con la solución de los detergentes.	76
Anexo 17.	Registro de alevinos muertos y toma de datos con el multiparametrico durante todo el proceso del experimento.	77
Anexo 18.	Vistas principales de los baldes con diferentes concentraciones de los detergentes, baldes con detergentes y alevinos muertos de trucha “arco iris” <i>Oncorhynchus mykiss</i> , en cada unidad experimental.	78
Anexo 19.	Análisis fisicoquímicos del agua con las diferentes concentraciones de los dos detergentes comerciales utilizados en el experimento.	79
Anexo 20.	Matriz de Consistencia.	81

RESUMEN

En la actualidad los ecosistemas acuáticos están siendo empleados como destinos finales de sustancias de diferente naturaleza, que el hombre usa rutinariamente, los que al incorporarse en las aguas de los ríos y lagunas, causan alteraciones en sus características fisicoquímicas naturales y consecuentemente alteraciones sobre las características de las comunidades biológicas que habitan en ella. Dentro de las sustancias contaminantes comunes se encuentran los detergentes muy frecuentemente usadas con fines de limpieza, a los que se han dado muy poca importancia como agentes que causan toxicidad a la biota acuática. Es por ello que, este trabajo de investigación, tuvo como objetivo determinar la toxicidad de los detergentes comerciales Ariel y Patito, en las concentraciones de 0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L, empleando para ello alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, los que fueron expuestos durante 24 y 48 horas a sus efectos. El trabajo de investigación fue llevado a cabo, en las instalaciones del Parque Zoológico "La Totorilla", para lo cual se construyeron 28 unidades experimentales, lo que estuvieron constituidos por un balde de plástico de 20 litros de capacidad, en los cuales se colocaron 10 litros de agua con la respectiva concentración de cada detergente, además de contar con unidades de control sin presencia de detergente. En cada unidad experimental se colocó un aireador para la oxigenación del agua, que fue generada a partir de dos bombas de aire, luego del cual fueron estabuladas 10 alevinos en cada uno de los baldes, para luego de 24 y 48 horas determinar la mortalidad generada. De los resultados, se puede observar que el porcentaje de mortalidad son similares en ambos detergentes ($p > 0,05$), mientras que la mortalidad se incrementa significativamente ($p < 0,05$) a medida que se incrementa las concentraciones de ambos detergentes, así con el incremento del tiempo de exposición, llegando a registrarse mayores mortalidades en el detergente Patito, el que llega hasta el 100%. La concentración letal media para el detergente Ariel y detergente Patito fue de 0,345 g/L y 0,267 g/L, respectivamente a las 24 horas y de 0,275 g/L y 0,205 g/L a las 48 horas, mostrando así que la concentración letal media disminuye a medida que el tiempo de exposición se incrementa. Por otro lado, en los valores de las características fisicoquímicas del agua, resalta que el nivel de la dureza total, dureza cálcica y dureza magnésica existe diferencia significativa ($p < 0,05$), donde el agua con detergente Patito presenta mayores valores de dureza total, en comparación con el detergente Ariel y el testigo, siendo este comportamiento similar para la dureza cálcica y dureza magnésica. Para el caso de otras características, como alcalinidad, cloruros, pH y conductividad eléctrica, fueron estadísticamente semejantes ($p > 0,05$).

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

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos, lamentablemente, desde la antigüedad han sido empleados como basureros, intensificándose este aspecto en la actualidad. Esto trae como consecuencia alteraciones en las características fisicoquímicas naturales de las aguas de ríos y lagunas, los que son determinantes en el cambio de las características naturales de las comunidades biológicas que en ella habitan.

Las principales causas de la contaminación de los ecosistemas acuáticos es la introducción de los detergentes, provenientes de la actividad antrópica ya que son utilizados de manera masiva para eliminar la suciedad de los materiales e indumentarias que emplea el hombre, estos detergentes están constituidos de agentes tensioactivos que tienen la capacidad de eliminar la suciedad y de disminuir la dureza del agua además de generar otros efectos negativos que tienen consecuencias letales sobre la mayoría de los seres vivos, por el contrario, el fitoplancton en algunos casos se ven beneficiados.

Una de las formas más comunes para detectar las alteraciones es mediante la caracterización fisicoquímica del agua, sin embargo este método puede dar resultados engañosos debido a la deriva de su corriente de agua, determinado que su calidad varíe temporalmente. El efecto negativo de la caracterización fisicoquímica implica estudios ecotoxicológicos que determina los efectos de las concentraciones crecientes de los compuestos de los detergentes generando información de la concentración máxima permisible en los cuerpos de agua, sin que cause daño significativo a los organismos acuáticos.

El empleo de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* como organismo de prueba, para el estudio del efecto de los detergentes, se fundamenta en que los salmónidos son peces estrictos en cuanto a la calidad de su hábitat y son poco

adaptables a un entorno alterado, restringiendo su existencia a aguas que no sufren contaminación de ninguna naturaleza, además de la disponibilidad de individuos durante casi todo el año, y que sus características biológicas son plenamente conocidas.

Teniendo en cuenta lo antes señalado, se planteó el presente trabajo con la finalidad de conocer el efecto toxicológico de dos detergentes comerciales y de determinar la concentración letal media sobre trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, experimento que se realizó en las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla”, teniendo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la respuesta toxicológica de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* frente a dos detergentes comerciales en cuatro concentraciones crecientes (0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L) en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas), en la ciudad de Ayacucho durante el año 2014.

Objetivos específicos

1. Determinar el porcentaje de mortalidad de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, sometidas a cuatro concentraciones de 0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L de dos detergentes comerciales a 24 y 48 horas de exposición.
2. Calcular la concentración letal media (CL_{50}) de dos detergentes comerciales en dos tiempos de exposición sobre alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*.
3. Comparar la mortalidad y la concentración letal media (CL_{50}) generado por dos detergentes comerciales en dos tiempos de exposición sobre alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

De acuerdo a la información hallada respecto al problema planteado, se encontró los siguientes trabajos que se detallan a continuación:

Campuzano *et al.*,¹ menciona que la problemática de los residuos ocupa un lugar principal en la gestión ambiental; por lo que realizaron un estudio donde se estandarizó una prueba piloto, para caracterizar el desecho tóxico generado por la producción de detergentes, para estandarizar métodos de valoración química y microbiológica de aguas contaminadas que permitan posteriormente aplicar métodos de purificación biológica y procesos de biotratamiento de residuos; direccionando así el proyecto macro de manejo de desecho tóxico en pequeñas y medianas empresas productoras de detergentes. Estableciendo la presencia de tóxicos en el desecho estudiado, representados en cantidades importantes de surfactantes, fenoles, hidrocarburos, grasa y fosfatos y la disminución de su cantidad frente a la acción de bacterias, situación que permitió concluir que la aproximación al proceso de biotransformación.

De acuerdo a estudios de laboratorio para determinar la toxicidad aguda de tres retardantes a base de amoníaco de fuego (fuego-Trol LCA-F, Fuego-Trol LCM-R, y Phos-Chek 259F), cinco espumas de supresión de incendios a base de tensioactivos (FireFoam 103B, FireFoam 104, Fuego Quench, Para Expan S, y Pyrocap B-136), tres productos químicos nitrogenados (amoníaco, nitrato, nitrito y), y dos tensioactivos aniónicos (sulfonato de alquil benceno lineal [LAS] y sulfato de dodecil de sodio [SDS]) para juveniles trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* en agua blanda. El orden de rango descendente de toxicidad (96-h concentración letal para el 50% de los organismos de ensayo [CL₅₀ a las 96 horas]) para los retardantes del fuego fue el siguiente: Phos-Chek 259F (168

mg/L)> Fire-Trol LCA-F (942 mg/L) = Fuego-Trol LCM-R (1,141 mg/L). El orden de rango descendente de la toxicidad para las espumas fue el siguiente: FireFoam 103B (12,2 mg/L) = FireFoam 104 (13,0 mg/L)>Para Expan S (21,8 mg/L)>Fire Quench (39,0 mg/L)>Pyrocap B-136 (156 mg/L). Excepto por Pyrocap B-136, las espumas eran más tóxicas que los retardantes del fuego. Amoníaco no ionizado (NH_3 ; 0,125 mg/L como N) fue aproximadamente seis veces más tóxico que el nitrito (0,79 mg/L NO_2) y aproximadamente 13,300 veces más tóxico que el nitrato (1658 mg/L NO_3). Sulfonato de alquilbenceno lineal (5,0 mg/L) fue de alrededor de cinco veces más tóxico que SDS (24,9 mg/L). Amoníaco estimado total y CL_{50} a las 96 horas de los retardantes de fuego indican que el amoníaco fue el componente tóxico primario en estas formulaciones. Basado en concentraciones de tensioactivo aniónicos estimada en a las 96 horas de CL_{50} de las espumas y los tensioactivos de referencia, LAS era intermedio en toxicidad y SDS era menos tóxico para la trucha arco iris cuando se compara con las espumas. Las comparaciones de las concentraciones de aplicación recomendadas a los resultados de las pruebas indican que las entradas accidentales de estas sustancias químicas en flujos requieren diluciones sustanciales (100 - 1,750 veces) para alcanzar concentraciones no letales para la trucha arco iris.²

En una investigación se determinó los efectos letales de detergente (Elefante Blue detergente) en *Oreochromis niloticus*. Se investigó mediante el sistema de auto-suministro de tóxico flujo continuo. La CL_{50} a 96 h se determinó como 9,77 mg/L⁻¹ y el patrón de comportamiento antes de la muerte, mostro en las tasas de ventilación peculiares y pectorales golpes de aleta, así como en un examen visual de los peces, indican efectos letales de detergente. La calidad del agua mostró aumento en el contenido de oxígeno disuelto, a partir de 6,50 mg/L⁻¹ en el tanque de control a 8,30 mg/L⁻¹ en el tanque que contiene 120 mg/L⁻¹ detergente. También hubo un cambio drástico de pH desde una ligera acidez de 6,30 hasta el punto de la muerte alcalina de 10,75.³

Espina *et al.*⁴ evaluó el efecto del detergente sobre las respuestas fisiológicas de los juveniles de carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* tales como ingestión del alimento, producción de heces, asimilación, excreción nitrogenada y consumo de oxígeno. Las tasas en cal/día/g peso seco lo integraron en la ecuación del balance energético y calcularon el campo de crecimiento, el detergente fue aplicado por 21 días a 30% en concentraciones subletales de 3,

5, 8 y 12 mg/L seleccionadas en un bioensayo preliminar de 96 horas. Los resultados obtenidos señalan que aunque los peces asimilan mayor cantidad de alimentos al aumentar la concentración del detergente, la tasa de asimilación es 30% menor que la de los peces testigo. Con respecto al campo de crecimiento se observó una tendencia similar ya que el valor obtenido en la concentración más elevada de detergente es inferior al del grupo testigo (30%) aunque la eficiencia de crecimiento sea ligeramente mayor (16%).

UC y Delgado,⁵ determinaron experimentalmente la toxicidad de cuatro formulaciones de detergentes domésticos biodegradables (Roma, Foca, Puro-Sol y Blanca Nieves), empleando a *Laeonereis culveri* (Webster 1879) como organismo de prueba. Donde utilizaron el método Probit para la determinación de la CL₅₀ de la fórmula e ingrediente activo sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS), con un intervalo de confianza de 95%. Los resultados obtenidos mostraron que *Laeonereis culveri* al ser expuesto a los detergentes, presentó el siguiente orden de sensibilidad, de acuerdo con la CL₅₀ a 48 h: Foca (fórmula: 59,56; LAS: 12,88 en ppm) > Blanca Nieves (fórmula: 70,79; LAS: 13,03 en ppm) > Roma (fórmula: 89,12; LAS: 13,48 en ppm) > Puro-Sol (fórmula: 91,83; LAS: 14,12 en ppm). Con respecto a la toxicidad de las cuatro formulaciones de detergentes y de los diferentes niveles de concentración utilizados sobre *Laeonereis culveri*, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). El cociente de riesgo (CR) en todos los casos fue mayor a 1, lo que indica que existe cierta probabilidad de que los detergentes biodegradables ocasionen daño a los organismos que viven en el sedimento y por consiguiente al ecosistema entero. Se propone a *Laeonereis culveri* como herramienta para la evaluación de riesgos ambientales por detergentes domésticos.

Alvarez *et al.*,⁶ evaluaron el efecto del detergente biodegradable en el consumo de oxígeno y tasa de filtración del bivalvo *Semimytilus algosus*. Los que indican que el consumo de oxígeno específico (COE) e individual (COI) de *Semimytilus algosus* (0,0856 a 0,1869 g) es determinado por respirómetros cerrados estáticos (300 ml aprox.) en presencia de 3 concentraciones de detergente (CO = 0,00; C1 = 0,02; C2 = 0,04; y C3 = 0,06 mg/L⁻¹ de detergente); emplearon el método Winkler para detectar el oxígeno disuelto. La tasa de Filtración individual (TFI) fue calculada en ausencia de detergente por consumo de la diatomea *Chaetoceros gracilis* con los mismos individuos expuestos al detergente durante los experimentos de respiración. Las condiciones de experimentación fueron

35% de salinidad y $17 \pm 0,5$ °C. Los resultados observados indican que el detergente aun siendo biodegradable, a tiempos; cortos de exposición altera la tasa respiratoria e incrementa el consumo de oxígeno y velocidad de la tasa de filtración a medida que la concentración de detergente se incrementa.

Ianacone y Alvaríño,⁷ realizaron un trabajo de investigación donde hicieron una evaluación ecotoxicológica estandarizada del surfactante aniónico alquil aril sulfonato de sodio lineal (LAS), en la Universidad Federico Villarreal, Lima, Perú, empleando a tres caracoles dulceacuícolas *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Thiaridae), *Physa venustula* (Gould, 1847) (Physidae) y *Heleobia cumingii* (Orbigny, 1835) (Hydrobiidae) como herramientas para la evaluación de riesgos ambientales. La colecta de las tres especies de caracoles se realizó en diversos humedales naturales y artificiales del departamento de Lima, Perú. *Melanoides tuberculata* fue colectada de la Laguna de la Molina ($15^{\circ}5' \text{ LS}$, $75^{\circ}57' \text{ LO}$), *Physa venustula* de las lagunas de Villa ($12^{\circ}13' \text{ LS}$, $77^{\circ}01' \text{ LO}$) y *Heleobia cumingii* de las lagunas de Puerto Viejo ($12^{\circ}35,2' \text{ LS}$, $76^{\circ}42,2' \text{ LO}$). Los tres moluscos fueron individualizados y criados en acuarios de vidrio de 30 cm x 20 cm y se aclimataron en condiciones estandarizadas de laboratorio por una semana previa a los bioensayos, empleando agua filtrada a $0,54 \mu$ de abertura procedentes de las lagunas de colecta y agua de grifo hervida fría (1:1 v/v). Los gasterópodos fueron alimentados empleando el alga verde filamentosa *Cladophora glomerata* y la microalga *Chlorella vulgaris* Beij. Los valores determinados de la concentración letal media (CL_{50}) para el efecto letal fueron a 48 h de exposición respectivamente: *M. tuberculata* $201,07 \text{ mg/L}^{-1}$; *P. venustula* $71,41 \text{ mg/L}^{-1}$ y *H. cumingii* $82,93 \text{ mg/L}^{-1}$. Además no existieron diferencias en la toxicidad sobre los caracoles de tres formulaciones comerciales de estos detergentes domésticos. Se proponen a estas tres especies de moluscos como herramientas para la evaluación de riesgos ambientales por detergentes domésticos.

León,⁸ realizó un estudio del efecto ecotoxicológico, en tres niveles de dureza total de agua, del dodecil benceno sulfonato de sodio (DBSS) y del alquil aril sulfonato de sodio (AASS), ingredientes activos principales de dos detergentes comerciales biodegradables, en el Centro de Producción "El Ingenio", Huancayo - Perú, empleando la trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) como herramienta para la evaluación de riesgo ambiental. Trabajó en total con 1440 alevines que contaban con 7 días después de haber absorbido el saco

vitelino, los que se acondicionaron por una semana hasta la ejecución de los bioensayos, al iniciar los ensayos de toxicidad se realizó una biometría presentando una talla promedio de 26.8 mm y un peso medio de 0.19 g. Se reporta que el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a 96 horas de exposición fue en promedio 13,91 mg/L⁻¹ y 13.86 mg/L⁻¹ para DBSS y AASS respectivamente, no existiendo diferencia significativa entre los porcentajes de mortalidad de los dos detergentes evaluados en los tres niveles de dureza de agua. El cociente de riesgo (RQ) en ambos detergentes es inferior a 1 considerando baja la probabilidad que ocasione daño en el ambiente.

Riva *et al.*,⁹ evaluaron la toxicidad de efluentes del lavado y del tratamiento inencogible de la lana en peces, teniendo en cuenta que la industria lanera genera diferentes tipos de efluentes durante los procesos y tratamientos del vellón desde su obtención hasta su conversión en fibra empleada en el tejido, dos de los más importantes procesos aplicados a la lana son el lavado y el tratamiento inencogible. La producción de efluentes en el lavado resulta de los siguientes procesos: mojado y desgrasado, y lavado completo del vellón. En algunos de ellos se utilizan agentes tales como bicarbonato sódico y un detergente no iónico. En el tratamiento inencogible es importante resaltar la utilización de compuestos de cloro. En la evaluación de la toxicidad de estos efluentes en peces, se han llevado a cabo ensayos de toxicidad agudos y subcrónicos y se han estudiado los efectos en *Oncorhynchus mykiss* y en *Brachydanio rerio*.

Figuerola *et al.*,¹⁰ determinaron el efecto del sulfonato de alquil benceno de cadena lineal, en una presentación comercial, sobre la supervivencia de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) en etapa de levante, en el Laboratorio de Acuicultura de la Universidad de Nariño, en el cual se utilizó 90 peces juveniles de la citada especie, con un peso promedio de 28,42±0,45 g, distribuidos aleatoriamente en nueve acuarios con 130 L de agua y 30 animales en cada uno, que conformaban una unidad experimental, para luego ser sometidos, por un período de 72 h, a tres tratamientos: T₁ sin adición del detergente, T₂ con adición del detergente (1,1 g/L de agua), T₃ con adición del detergente (2,2 g/L de agua). Se encontró diferencias significativas (p<0,05) al comparar la supervivencia en los diferentes tratamientos, la cual fue de 100% en el T₁ y de 53,33% en el T₂, ambos a las 72 h; el T₃ produjo la mortalidad total a las 48 de exposición. Las variables referentes a la temperatura y el oxígeno

disuelto del agua no presentaron diferencias significativas, indicando un manejo homogéneo de las unidades experimentales; en el caso del pH, no se detectó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos T_2 y T_3 , siendo significativa ($p < 0,05$) al comparar los tratamientos con detergente T_2 y T_3 frente al que no tuvo adición de detergente T_1 . El presente estudio demuestra el efecto nocivo del sulfonato de alquilbenceno de cadena lineal en *Piaractus brachipomus* bajo las condiciones evaluadas.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Toxicidad

Es la respuesta de los organismos vivos sometidos a la acción de sustancias o desechos, que producen efectos adversos por la acumulación ya que no son debidamente eliminados, dando como resultado la muerte.

Esta actividad permite juzgar acerca de la capacidad que posee una sustancia para poder actuar como nociva para un organismo vivo bajo unas determinadas condiciones.

2.2.2. Detergentes

Los detergentes son productos limpiadores más eficaces que los jabones ya que contienen mezclas de surfactantes que les permiten trabajar en distintas condiciones; son menos sensibles a la dureza del agua. La mayor parte de los surfactantes que contienen los detergentes se han desarrollado a partir de productos petroquímicos, derivados del petróleo, y oleo químicos, a partir de distintos aceites y grasas.

2.2.3. Concentración letal media (CL₅₀)

Concentración de la sustancia tóxica que genera el 50% de mortalidad de los organismos sometidos a su acción. Se expresa en mg ó g de sustancia por litro, en un tiempo determinado de exposición.

2.2.4. 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).

2.2.5. 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.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Contaminación de los ecosistemas acuáticos continentales

La contaminación es la introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía con potencial para provocar daños, irreversibles o no, en el medio inicial, así mismo al cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente y que puede afectar la vida humana y de otras especies. La presencia en el ambiente, por acción del hombre, de cualquier sustancia química, objetos, partículas, microorganismos, formas de energía o componentes del paisaje urbano o rural, en niveles o proporciones que alteren la calidad ambiental y, por ende, las posibilidades de vida.¹¹

2.3.2. Contaminación del agua por productos químicos

La agricultura es uno de los mayores consumidores de los recursos hídricos, luego de sus diferentes usos y aplicaciones sus efluentes retoman a los cursos de aguas superficiales o subterráneas conteniendo grandes cantidades de sales, nutrientes y productos agroquímicos, que también contribuye al deterioro de la calidad.¹¹

Los problemas del agua se centran tanto en la calidad como en la cantidad. La comunidad debe conocer la importancia de la "calidad" y esa misma comunidad debe 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, cuyas partículas vuelan hacia los ríos o el mar contaminándolos. Además, los campos pierden fecundidad por abuso de las técnicas agrícolas. La sal acarreada en el invierno desde las rutas hasta los ríos es otro factor envenenante. Lo mismo que los diques y las represas, que "barren" amplias franjas de cultivo.¹²

2.3.3. Toxicidad en el medio acuático

El incremento de la producción y uso de sustancias potencialmente tóxicas, y el papel del medio acuático como sumidero de muchas de ellas ha hecho que cada vez sea más necesario poder valorar los efectos de tales compuestos, no sólo

sobre el hombre, sino también sobre los organismos y ecosistemas. La experiencia muestra que es menos costoso, económica y ambientalmente, prevenir la posible contaminación de un ecosistema que su posterior recuperación.¹³

La presencia de compuestos xenobióticos en el medio natural puede generar efectos considerables sobre otros compuestos que existen de manera natural en el medio, sobre componentes físicos y biológicos y/o sobre determinados procesos claves para la supervivencia del ecosistema. La magnitud de tales efectos depende de las propiedades fisicoquímicas del contaminante y sus metabolitos, la concentración de compuesto en el medio, la frecuencia de descarga y las propiedades de los propios ecosistemas.¹⁴

2.3.4. Toxicidad acuática

La toxicología acuática estudia los posibles efectos adversos de compuestos químicos y sus mezclas sobre organismos acuáticos en diferentes niveles de organización, desde el subcelular y organismos individuales hasta comunidades y ecosistemas.¹⁵ La toxicología acuática se centra, básicamente, en aquellos efectos agudos y crónicos considerados como adversos tales como mortalidad, efectos sobre el crecimiento, reproducción, etc., así como de los procesos de recuperación de la biota cuando la exposición cesa.¹⁶

2.3.5. Efecto de la contaminación sobre los organismos acuáticos

Los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, también 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.¹⁷

2.3.6. Rangos de tolerancia de los organismos

Cada especie en particular gracias a su conformación genética específica, está en la capacidad de sobrevivir únicamente dentro de determinados rangos ambientales. Aquellas que pueden soportar grandes espectros fisicoquímicos

reciben el nombre de euríticas y por ello se presentan en un gran número de regiones geográficas o están ampliamente dispersas dentro de un mismo ecosistema. Contrariamente, las especies estenóticas son aquellas cuyos rangos de tolerancia ambiental son estrechos y por ello son indicadoras de una condición fisicoquímica concreta. De este modo, la presencia de una de estas especies señala condiciones ambientales particulares, o al encontrarse una variable fisicoquímica en un rango definido, se sugiere su presencia o ausencia.¹⁸

2.3.7. Bioindicadores

Un indicador es característico de un medio ambiente, que cuando mide, cuantifica la magnitud del estrés, las características del hábitat y el grado de exposición o el grado de respuesta ecológica a la exposición.¹⁹

El empleo de bioindicadores en diversos países está enfocado no solo para medir la salud del ecosistema acuático, sino también para determinar el impacto potencial al ámbito humano, especialmente el económico. Con base a este último, se deben asociar al desarrollo sustentable, y por lo tanto la elección de un indicador necesariamente debe tener una escala amplia. Un indicador es un organismo selecto por el grado de sensibilidad o tolerancia a diversos tipos de contaminación o sus efectos. Los organismos acuáticos se pueden utilizar a distintas escalas dentro del monitoreo biológico, que de acuerdo con el tipo de análisis permite llegar a conclusiones que establezcan los destinos y usos del agua.¹⁹

2.3.8. Bioensayos

Los bioensayos son experimentos que se realizan bajo condiciones controladas de laboratorio con el propósito de evaluar cualitativamente y cuantitativamente el efecto que los agentes xenobióticos que producen sobre organismos vegetales o animales cuidadosamente seleccionado estandarizadas.¹⁸

Los bioensayos de toxicidad son una herramienta intensamente utilizada en países desarrollados, con el objeto de evaluar en forma efectiva y eficiente los efectos tóxicos agudos y crónicos de la contaminación en los organismos vivos. En la práctica, esta técnica cuantifica la relación concentración - efecto de compuestos químicos conocidos o mezclas complejas, por medio de respuestas biológicas, medidas bajo condiciones controladas y estandarizadas.¹⁸

a. Evaluación de la toxicidad

La toxicidad de los agentes tensioactivos en un organismo acuático, se expresa usualmente en términos de CL_{50} (concentración letal media); este valor representa la cantidad de tóxico por unidad de peso que mata 50% de los animales empleados en la prueba. La CL_{50} comúnmente se expresa en miligramos(mg) y gramos (g).¹¹

b. Aplicación de las pruebas de toxicidad (bioensayos)

La toxicología tiene como objetivo el desarrollo de protocolos de ensayo como herramientas de predicción temprana y eficiente necesarias para definir los umbrales permitidos, con niveles aceptables las cuales servirán como guía para la toma de decisiones de las entidades reguladoras.¹¹

Los bioensayos en cualquier método por medio del cual alguna propiedad de una sustancia o material, es medida en términos de la respuesta biológica que produce. El bioensayo, se emplea para determinar la toxicidad de las sustancias químicas con supuestas propiedades tóxicas.¹¹

Para medir la toxicidad de las aguas de supuestos contaminantes con residuos químicos en lo que respecta a la vida biológica son los ensayos biológicos. La finalidad de estos es específica:

- Determinar la concentración de un agua residual, que produzca la muerte de un 50% de los organismos de ensayo en un periodo de tiempo específico.
- Determinar la concentración máxima que no causa efecto aparente sobre los organismos de ensayo durante 48 horas.

El uso de bioensayos para la evaluación de toxicidad de sustancias liberadas al medio a través de efluentes, ha llevado a la utilización de biomonitores propios de los ambientes evaluados, lo cual favorece indirectamente la preservación de la biodiversidad local.¹¹

c. Dosis letal media (DL_{50}) y concentración letal media (CL_{50})

El nivel de estímulo que causa una respuesta en el 50% de los individuos de una población bajo estudio, es un importante parámetro de caracterización denotado como DL_{50} por dosis letal media (o DE_{50} por dosis efectiva media, CL_{50} por concentración letal media, CE_{50} por concentración efectiva media y Ltm por límite de tolerancia media). El periodo de tiempo durante el cual se expone el estímulo debe ser especificado, por ejemplo, 24 horas DL_{50} , esto con el fin comparar y estimar la potencia relativa del estímulo.²⁰

La 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. Normalmente expresada como miligramos o gramos de material por kilogramo de peso del animal.²⁰

La Concentración Letal Media CL₅₀ es obtenida por medio de los instrumentos de la estadística, de una sustancia de la que puede esperarse que produzca la muerte del 50% de los animales expuestos durante un periodo determinado de exposición o en un plazo definido. El valor de la CL₅₀ se expresa en peso de sustancia por unidad de volumen de aire normal (miligramos por litro, mg/L).²⁰

d. Determinación de la DL₅₀ y CL₅₀

Para la determinación de la DL₅₀ y/o el CL₅₀, el primer paso es el conteo de los individuos muertos en cada solución y en el testigo, se corrigen las mortalidades mediante la fórmula de Abbott y paralelamente se utiliza otra corrección que se basa en el porcentaje de supervivencia de los individuos, esta corrección es utilizada en algunos procedimientos encontrados.²⁰

Uso de la fórmula de Abbott (1925) para corregir la mortalidad natural.

$$MC = \frac{X - Y}{100 - Y} (100)$$

Donde:

MC = mortalidad corregida (%)

X = mortalidad en el tratamiento (%)

Y = mortalidad en el testigo (%)

En general cuando se obtiene más de 15% de mortalidad en el testigo, los resultados deben desecharse.²¹

2.3.9. Detergentes

El detergente es una sustancia que facilita la separación de materias extrañas de superficies solidas cuando se emplea en un disolvente (usualmente agua) en una operación de lavado.²²

Los detergentes o agentes tensioactivos son un grupo de compuestos químicos, que poseen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se encuentran disueltos.²²

a. Composición

- **Tensioactivos o surfactantes:** es la sustancia del detergente propiamente dicha. Según las propiedades químicas, se clasifican en aniónicos, catiónicos, no iónicos y anfóteros (cada tipo tiene propiedades limpiadoras diferentes).²³
- **Potenciadores o constructores:** retienen el calcio y el magnesio que pueda haber en el agua y evitan que la suciedad se vuelva a depositar en el tejido. Se dice que el agua es dura si contiene mucho calcio o magnesio.²³
- **Enzimas:** rompen las moléculas de las manchas proteínicas (huevo, leche, sangre), para que el agua se las pueda llevar.²³
- **Blanqueadores:** dejan la ropa más blanca y eliminan las manchas más difíciles.²³
- **Perfumes:** dan olor a la ropa.²³
- **Relleno:** no tiene ninguna función limpiadora, sólo se agrega para aumentar el volumen del detergente. Dependiendo de la fórmula puede representar desde un 5% hasta un 45% del total de materia.²³
- **Abrillantadores ópticos:** son sustancias fluorescentes que no se van al aclarar la ropa. Reflejan los rayos ultravioletas del sol, de manera que la ropa parece más blanca de lo que es (de hecho, le dan un tono azulado o verdoso, según la marca). En la ropa de color los colores quedan más vivos.²³

b. Agente tensioactivos

Son la materia activa de los detergentes, la que limpia. Su principal propiedad es disminuir la tensión superficial del medio en el que está inmerso. Este efecto superficial se basa en su estructura molecular, en concreto en su carácter anfifílico, sus moléculas tienen un extremo polar (hidrófilo) y un extremo apolar (hidrófobo). Por esta estructura tiende a estar en superficie, sumergiendo la parte polar en el agua y la apolar fuera de ella.²³

Al colocarse en superficie los tensioactivos rompen los puentes de hidrogeno del agua, disminuyendo la tensión superficial de la misma.²³

Los tensioactivos llamados también surfactantes o agentes de superficie activa, son especies químicas con una naturaleza o estructura polar - no polar, con tendencia a localizarse en la interface formando una capa monomolecular adsorbida en la interface que cambia el valor de la tensión superficial.²⁴

Los tensioactivos son usados para una variedad de propósitos, pero principalmente en detergentes comerciales y productos de limpieza de uso doméstico. Debido a su extenso uso, los tensioactivos son constituyentes en efluentes municipales y en los correspondientes medio ambientes marinos y de agua dulce que los reciben. Por ejemplo, aproximadamente entre el 11% y el 20% del contenido orgánico soluble en efluentes municipales tratados fue atribuido a tensioactivos aniónicos.²⁴

c. Función de los tensioactivos

Las soluciones de tensioactivos resultan ser activas al colocarse en forma de capa monomolecular adsorbida en la superficie entre las fases hidrofílicas e hidrofóbicas. Esta ubicación "impide" el tráfico de moléculas que van de la superficie al interior de líquido en busca de un estado de menor energía, disminuyendo así el fenómeno de tensión superficial.²⁴

d. Estructura de la membrana celular en los organismos

Toda célula conserva su estructura debido a la membrana que la restringe del medio externo. Es el principal control de la entrada y salida de sustancias de las células debido a su semipermeabilidad (absorción y expulsivo de compuestos), participa en el movimiento celular, regula las funciones bioquímicas y permite la comunicación con otras células.²⁵

De acuerdo a los estudios realizados, la estructura y composición de la membrana consiste en una bicapa lipídica que están recubiertas en ambos lados con finas láminas de proteína (una capa de proteínas en contacto con el medio externo y otra capa de proteínas en contacto con el medio intracelular). Estas proteínas tienen la facilidad de cambiar la permeabilidad y las propiedades de resistividad de la membrana.²⁵

e. Función de los detergentes en la membrana celular

Los detergentes están formados por tensioactivos, los que están formados por moléculas anfipáticas capaces de solubilizar y desorganizar las proteínas de la membrana celular, incrementando su permeabilidad y finalmente facilitar su eliminación para su purificación, emulsionando las materias grasas en pequeñas gotitas.²⁵

Los tensioactivos de los detergentes tienen un extremo hidrofílico (polar) del tensioactivo es libre y otro extremo hidrofóbico (apolar) que se une a las

proteínas desplazándolos hacia el extremo, llevándolos a las proteínas hacia soluciones como complejos de detergente – proteína, que por lo general también contienen algunos lípidos residuales.²⁵

f. Mecanismo de acción de los tensioactivos en la membrana celular

Los tensioactivos dañan la integridad estructural de la membrana (es decir, la disposición ordenada de lípidos y proteínas), de modo que interfieren con su función, ejerciendo un efecto neto de interferencia con procesos de transporte y metabolismo energético; y la salida de pequeñas moléculas de la célula.²⁵

Los tensioactivos provocan una gran disrupción de membranas, con efectos de lisis. Son activos sobre todo a pH ácido, ya que éstas quedan más protegidas por la barrera del lipopolisacárido de la membrana externa.²⁵

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

a. Ubicación Taxonomica

Según Blanco,²⁶ 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. Descripción

Esta especie se caracteriza por tener el cuerpo cubierto con finas escamas y de forma fusiforme (forma de huso), la coloración de la trucha varía de acuerdo al ambiente en que vive, edad, estado de maduración sexual y otros factores, como por ejemplo la influencia del ambiente en riachuelos sombreados presentan color plomo oscuro mientras que en un estanque bien expuesto a los rayos del sol ofrece una tonalidad mucho más clara, verde oliva en su parte superior luego una franja rojiza para finalizar con el abdomen blanco; además posee gran número de máculas negras en la piel, a manera de lunares, por lo que en otros

lugares se le llama también trucha pecosa. La denominación de trucha arco iris se debe a la presencia de una franja de colores de diferentes tonalidades, con predominio de una franja rojiza sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo.²⁷

c. Ecología

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.²⁷

d. Alimentación

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.²⁷

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.²⁷

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).²⁷

e. Algunas Propiedades Fisicoquímicas de un Cuerpo de Agua para el cultivo de la trucha

La cantidad y calidad del agua determinan el éxito o fracaso de la actividad truchicola. 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.²⁷

A continuación los parámetros más importantes:

Tabla 1. 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/lit CaCO ₃
Dureza	60 – 300 mg/lit CaCO ₃
NH ₃	No mayor de 0,02 mg/lit
Nitratos	No mayor de 100 mg/lit
Nitritos	No mayor de 0,055 mg/lit
Nitrógeno amoniacal	No mayor de 0,012 mg/lit
Fosfatos	Mayores de 500 mg/lit
Sulfatos	Mayor de 45 mg/lit
Fierro	Menores de 0,1 mg/lit
Cobre	Menores de 0.05 mg/lit
Plomo	0,03 mg/lit
Mercurio	0,05 mg/lit

Fuente: FONDEPES.²⁷

f. Producción de la trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* en el Perú

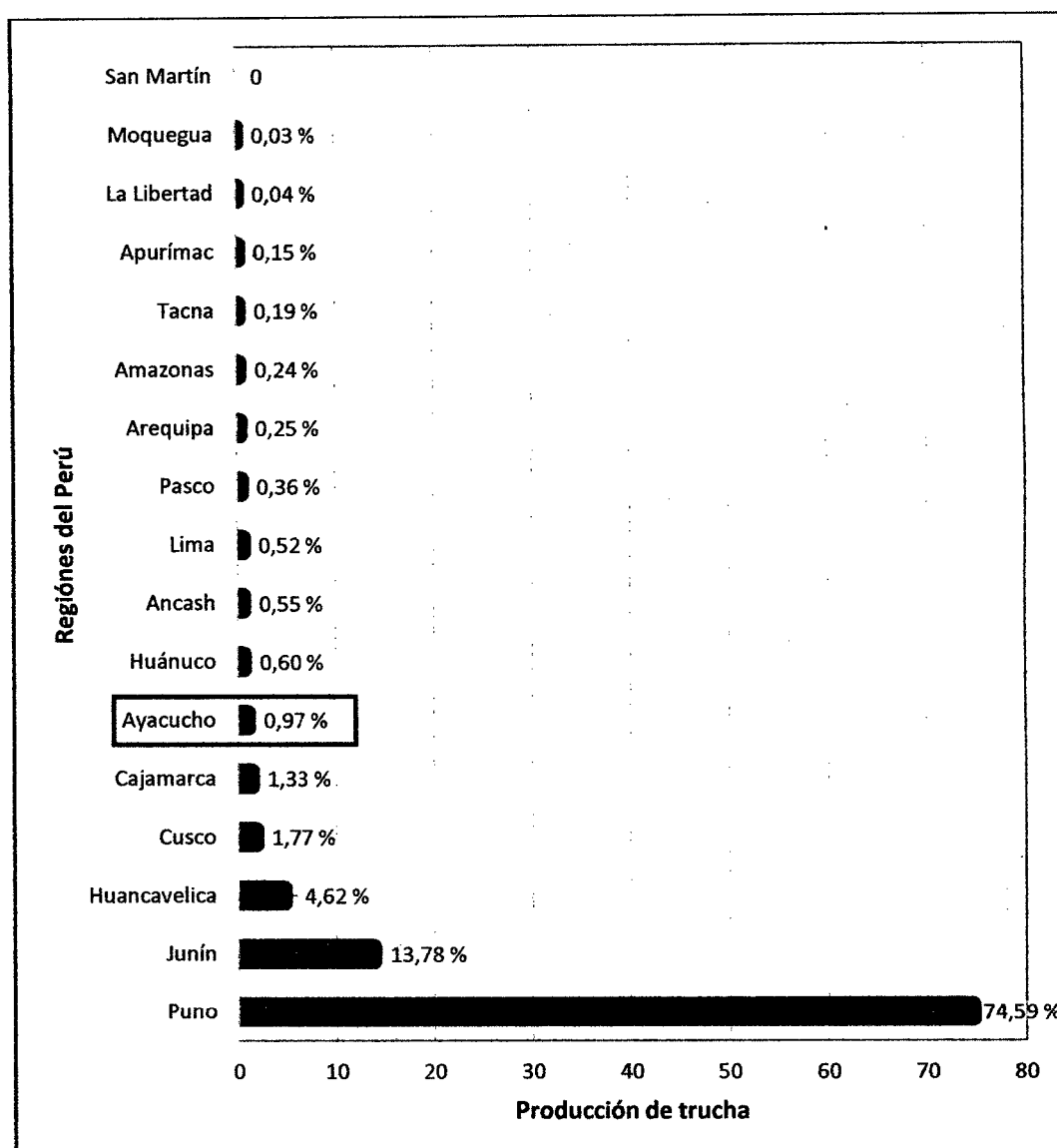
La actividad de crianza de truchas en el Perú, viene creciendo vigorosamente en los 10 últimos años, principalmente a nivel intensivo, identificando dos sistemas de cultivo: ambientes convencionales (estanques de concreto, mampostería de piedra, tierra y otros) y no convencionales (jaulas flotantes).

Los datos mencionados en la siguiente tabla son reportados por FONDEPES,²⁶ registrados el año 2012, ya que no se encuentran publicado datos actuales.

Tabla 2. Producción de truchas “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* para el año 2012 en el Perú.

Región	Producción (en TM)	Partic. %
Puno	18,471 02	74,59
Junín	3,412 53	13,78
Huancavelica	1,143 91	4,62
Cusco	438 00	1,77
Cajamarca	328 86	1,33
Ayacucho	240 36	0,97
Huánuco	148 00	0,60
Ancash	135 77	0,55
Lima	128 32	0,52
Pasco	90 28	0,36
Arequipa	62 33	0,25
Amazonas	60 59	0,24
Tacna	47 50	0,19
Apurímac	38 31	0,15
La Libertad	9 36	0,04
Moquegua	6 23	0,03
San Martín	0 65	0,00
Total	24,762.02	100,00

Fuente: FONDEPES.²⁷



Fuente: FONDEPES.²⁷

Figura 1. Producción de truchas "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* para el año 2012 en el Perú.

2.3.11. Características fisicoquímicas de las aguas naturales

Las principales características fisicoquímicas que se pueden determinar en las aguas son:

a. Sólidos disueltos totales

Las corrientes transportan materiales, principalmente sólidos disueltos o sólidos suspendidos. Los primeros se refieren a la materia orgánica en forma iónica y los segundos, a la materia orgánica como detritus y de origen aluvial como restos de rocas, arcilla, arena y similares. Los sólidos suspendidos pueden verse a simple vista como pequeñas partículas y son los que dan turbiedad al agua. Desde el

punto de vista ecológico, aguas con elevadas cantidades de sólidos disueltos indican alta conductividad que puede ser un factor limitante para la vida de muchas especies por estar sometidas a una presión osmótica. Por su parte un alto contenido de sólidos en suspensión o alta turbiedad, también es limitante para el ecosistema acuático ya que impide el paso de los rayos solares, daña y tapona el sistema de intercambio gaseoso en los animales acuáticos y destruye su hábitat natural.²⁸

b. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición.²⁹

c. pH

El pH es una expresión del carácter ácido o básico de un sistema acuoso. En un sentido estricto, es una medida de la “actividad del ión hidrónico” en un sistema acuoso, en un sentido práctico, es una medida de la “concentración molar del ión hidronio” en un medio acuoso. El pH es una medida de la intensidad ácida o alcalina de una muestra de agua, que difiere de los términos “acidez y/o alcalinidad”, en la medida de que estos últimos, lo que representan es la capacidad amortiguadora de la muestra y no de su carácter ácido o básico. Los conceptos de pH, alcalinidad y acidez se relacionan mutuamente debido a que el pH de la muestra, se utiliza como criterio para determinar si la capacidad amortiguadora de la muestra se ha de medir en función de su acidez o en función de su alcalinidad; en este sentido los conceptos de pH, acidez y alcalinidad, se asemejan mucho a los de temperatura y calor.²⁹

d. Alcalinidad

Este parámetro está íntimamente ligado con las formas en la cual se encuentran el dióxido de carbono. Cuando el CO_2 penetra en el agua, rápidamente se hidrata formando el ácido carbónico. La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos (capacidad amortiguadora), esto es atribuible en gran medida a los bicarbonatos, hidróxidos y carbonatos. Es por esta

característica que las aguas naturales tienen la capacidad de resistir a los cambios radicales de pH.¹⁷

e. Dureza Cálctica y Magnésica

El calcio es un elemento importante en las aguas continentales (quinto en abundancia) y es el resultado del poder solvente del agua sobre las rocas calcáreas con las que pone en contacto. Se presenta principalmente bajo la forma de carbonato de calcio y está relacionada con la concentración del ion catión Ca^{++} , alcalinidad, pH, temperatura y concentración total de sólidos disueltos. El calcio está muy relacionado con la dureza del agua y es importante para los seres vivos: nutriente en el metabolismo de las plantas superiores, para las membranas celulares, para la formación de estructuras calcáreas. El magnesio es requerido por las plantas por ser parte estructural de la clorofila como integrante de enzimas. En aguas naturales se presentan en concentraciones que van de 5 a 50mg/l. Los carbonatos en aguas duras están presentes por lo general como CaCO_3 en una proporción de más del 95%, con una presión parcial de CO_2 normal. La determinación de la dureza de las aguas es un espacio importante para la evaluación de los ecosistemas acuáticos, ya que al estar dada por el calcio y magnesio, está directamente involucrada en la productividad primaria de dichos ecosistemas.³⁰

f. Cloruros

Los cloruros ocupan un tercer lugar del porcentaje de los aniones en el agua, estos por lo general expresan la salinidad, por lo mismo es un factor importante en la distribución geográfica de los organismos. La determinación de los cloruros es una prueba relativamente sencilla: se utiliza el cromato de potasio como indicador (amarillo) y se titula con nitrato de plata hasta la obtención de un color anaranjado o rojo ladrillo.¹⁷

g. Dureza total

En las aguas continentales está determinada por la concentración de metales alcalinotérreos originados por depósitos calcáreos de la superficie terrestre. Los iones de calcio y magnesio se combinan fácilmente con los bicarbonatos y carbonatos, dando origen a la dureza temporal y con los sulfatos, cloruros, nitratos lo que se conoce como dureza permanente. Debido a que en las aguas

naturales los iones más comunes son los de Ca^{++} y Mg^{++} la dureza se define como la concentración de estos iones expresados como carbonato de calcio.¹⁷

2.4. Marco legal

En el Perú se ha legislado la protección del recurso agua en normas ambientales, en normas sectoriales de relevancia ambiental y en el código penal

2.4.1. 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 ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

2.4.2.- Código Penal (g^o y m^o) de los delitos ambientales con énfasis en el artículo 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.

2.4.3.- 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 geotermal;
- 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).

2.4.4. 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 trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla” de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.1.1. Ubicación política

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Jesús Nazareno

Lugar : Parque Zoológico “La Totorilla”

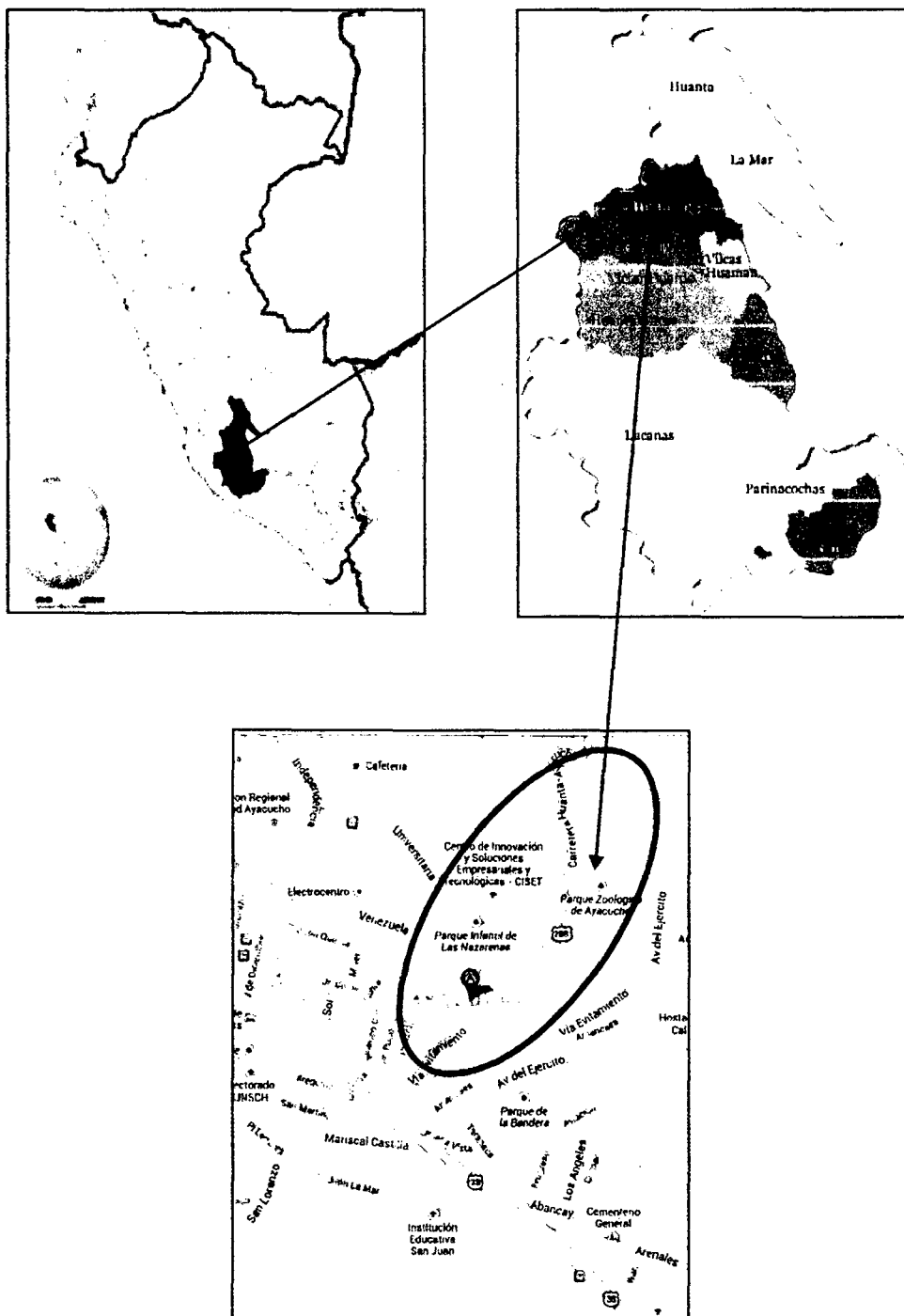


Figura 2. Mapa de ubicación política del Parque Zoológico "La Totorilla."

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 a diez minutos de la plaza Mayor de Huamanga. Se encuentra ubicado al Nor Este de la capital de la provincia del mismo nombre, región Ayacucho.

3.1.2.1. Coordenadas Geográficas:

Latitud sur : 13° 09' 26"

Longitud oeste : 74° 13' 22"

3.1.2.2. 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

Dos detergentes comerciales (detergente Ariel y detergente Patito) expendidos en la ciudad de Huamanga.

3.2.2. Muestra

Cada detergente comercial con 100 g (detergente Ariel y detergente Patito).

3.2.3. Unidad experimental

Baldes de 20 litros de capacidad, conteniendo 10 litros agua con 10 unidades de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*.

3.2.4. Sistema de muestreo

El sistema de muestreo a través del que se seleccionó la cantidad de detergente a emplear fue aleatorio, del que a partir del contenido de una bolsa de detergente se tomó 100 g del producto.

Por otro lado, con la finalidad de también darle aleatoriedad a la disposición de las unidades experimentales, se sorteó la posición en la fila y la columna en el conjunto de los baldes con alevinos de trucha “arco iris” *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 y 48 horas de exposición en las soluciones de diferentes concentraciones de los dos detergentes.

3.3.1. Obtención de los alevinos de trucha “arco iris” *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 nor-este de la ciudad de Ayacucho, los cuales fueron transportados a las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla” y estabulado en un tanque de fibra de vidrio hasta antes de la prueba de toxicidad. Dichos alevinos son provenientes a partir de ovas importadas de Norteamérica, las que tuvieron una edad de 30 días luego de haber absorbido su saco vitelino con un tamaño y peso aproximado de 5 cm y 2,05 g en promedio respectivamente.

3.3.2. Aclimatación de la trucha

Una vez arribado los alevinos de trucha al Parque Zoológico “La Totorilla” fueron aclimatados a las condiciones ambientales reinantes en el lugar por un tiempo de 7 días, para el cual se estabularon en los tanques de fibra de vidrio de 2500 L, las que anticipadamente fueron limpiadas y desinfectadas para eliminar los residuos que se depositaron en el fondo. Durante el periodo de aclimatación los alevinos estuvieron alimentados con una ración balanceada, suspendiendo la misma 24 horas antes de efectuarse el experimento para evitar que las excretas producidas interfiera en los resultados del experimento.

3.3.3. Preparación de las soluciones de detergentes (Ariel y Patito)

Se tuvo que probar diferentes concentraciones antes del experimento, ya que las concentraciones mencionadas en el proyecto de investigación no presentaron los resultados que se esperaba. Por ello se realizó pruebas piloto, a partir de los cuales se determinó las concentraciones que se muestran en la Tabla 3.

Por otro lado se consideró que los tratamientos estuvieran constituidos por recipientes conteniendo cuatro concentraciones crecientes de cada detergente (detergente Ariel y Patito) más un testigo, para obtener resultados que represente mejor los hallazgos.

Tabla 3. Disposición de los baldes con diferentes concentraciones de detergentes.

Recipiente	N° de individuos (alevinos de trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Concentración de detergente Ariel (g/L)	Concentración de detergente Patito (g/L)
Testigo	10	0	0
1	10	0,10	0,10
2	10	0,20	0,20
3	10	0,30	0,30
4	10	0,40	0,40

Se consideró dos grupos similares de unidades experimentales, siendo uno de ellos constituida por recipientes conteniendo las soluciones de detergente Ariel y otro grupo con soluciones de detergente Patito.

Las soluciones de los detergentes estuvieron preparados en las concentraciones señaladas una hora antes de iniciar el bioensayo.

3.3.4. Preparación de las unidades experimentales

Se consideró 28 unidades experimentales constituidas por baldes de plásticos de 20 L de capacidad, en los cuales se colocaron 10 L de agua con la respectiva concentración del detergente y 10 alevinos (número recomendado para estudios de toxicidad en la que se emplea como modelos a organismos como insectos, anfibios y peces).

El experimento fue llevado a cabo sin considerar el ingreso de agua constantes, por lo que a cada unidad experimental se colocó una manguerita de silicona (tipo acuario) con la finalidad de ingresar aire (para la oxigenación del agua) el que se generó a partir de dos bombas de aire (Anexo 17).

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 al cual solo tuvo acceso el personal investigador.

Tabla 4. Distribución de las unidades experimentales según la concentración de detergente Ariel y detergente Patito.

Concentración del detergente (g/L)	Detergente comercial	N° de recipientes (repeticiones)	Total de recipientes
0,40	Detergente Ariel	3	6
	Detergente Patito	3	
0,30	Detergente Ariel	3	6
	Detergente Patito	3	
0,20	Detergente Ariel	3	6
	Detergente Patito	3	
0,10	Detergente Ariel	3	6
	Detergente Patito	3	
0,00	Sin detergente	2	2

Cabe señalar que, se considera la existencia de cuatro concentraciones por cada tratamiento.

3.3.5. Recolección de datos

Una vez preparado las unidades experimentales con los diferentes detergentes y concentraciones (que aproximadamente fue a las 19 horas), se estabularon en cada una de ellas, diez alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, labor que se prolongó hasta aproximadamente las 20 horas donde se registró la temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales de las aguas contenidas en cada unidad experimental. Así mismo, se consideró la hora mencionada como el inicio del proceso experimental, a partir del cual se realizaron las inspecciones cada 12 horas, considerándose como primera lectura la que se realizó a las 8 horas del día siguiente, con la finalidad de determinar el número de alevinos muertos en cada balde, para el cual con la ayuda de unas brochetas se tocaron aquellos alevinos inmóviles, si en el caso de seguir inmóvil, fueron considerados como muertos y extraídos de las unidades experimentales, las inspecciones se realizaron con el mismo procedimiento a las 12, 24, 36 y 48 horas, registrándose datos tal como se observa en el Anexo 1.

3.4. Tipo de investigación

El tipo de investigación realizado fue básica - experimental ya que la principal contribución es la de generar nuevos conocimientos sobre el efecto de los detergentes sobre los organismos acuáticos, tomando como modelo a los

alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* y experimental por que se manipularon dos variables, la primera fue referida a dos tipos de detergentes comerciales y la segunda, ya que se manipularon en concentraciones crecientes.

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 ocho tratamientos (dos detergentes probados en cuatro concentraciones crecientes) más un testigo, se empleó el análisis de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no mostraron distribución normal.

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

IV. RESULTADOS

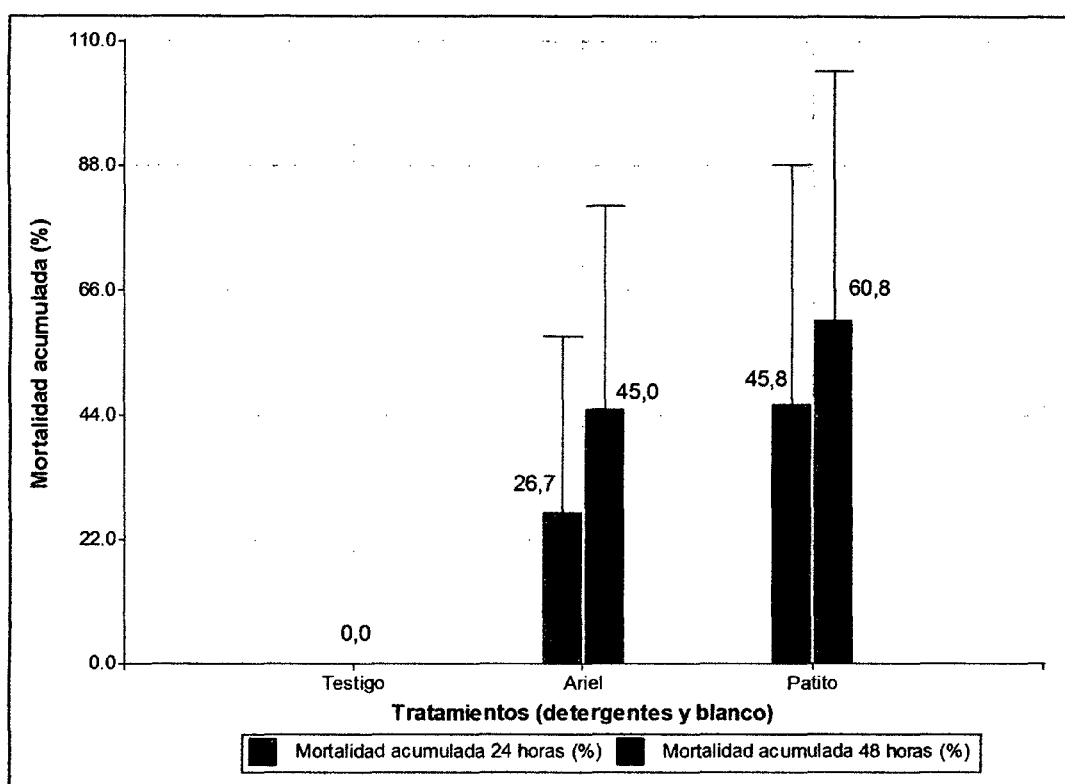
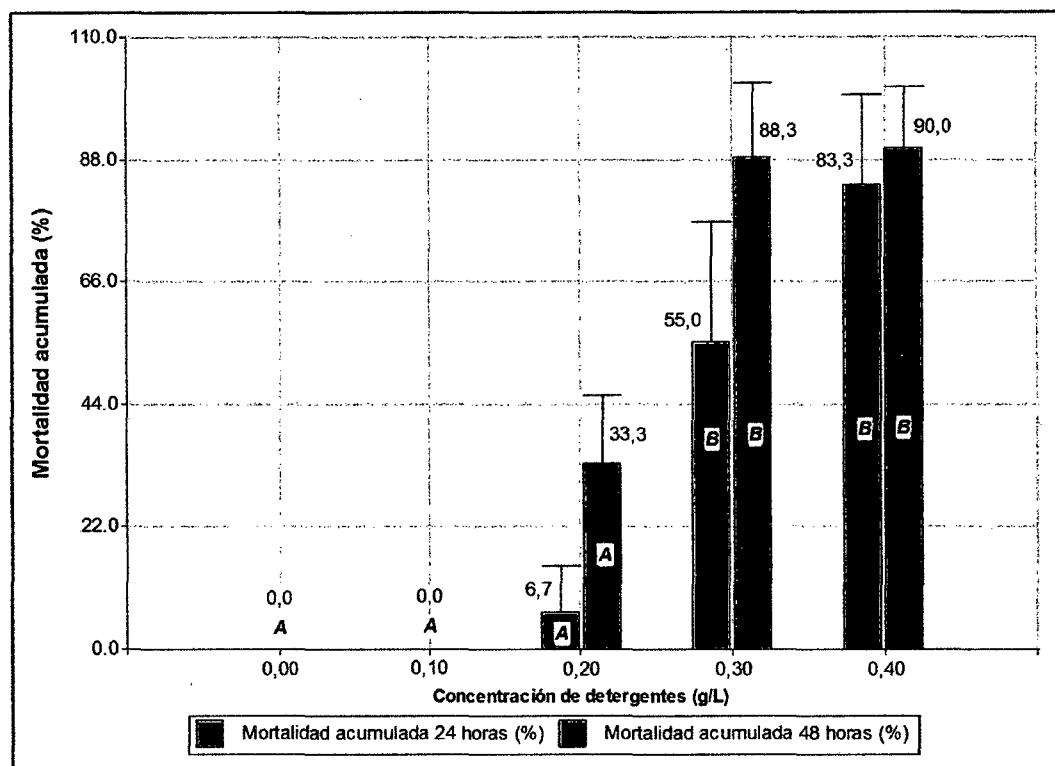
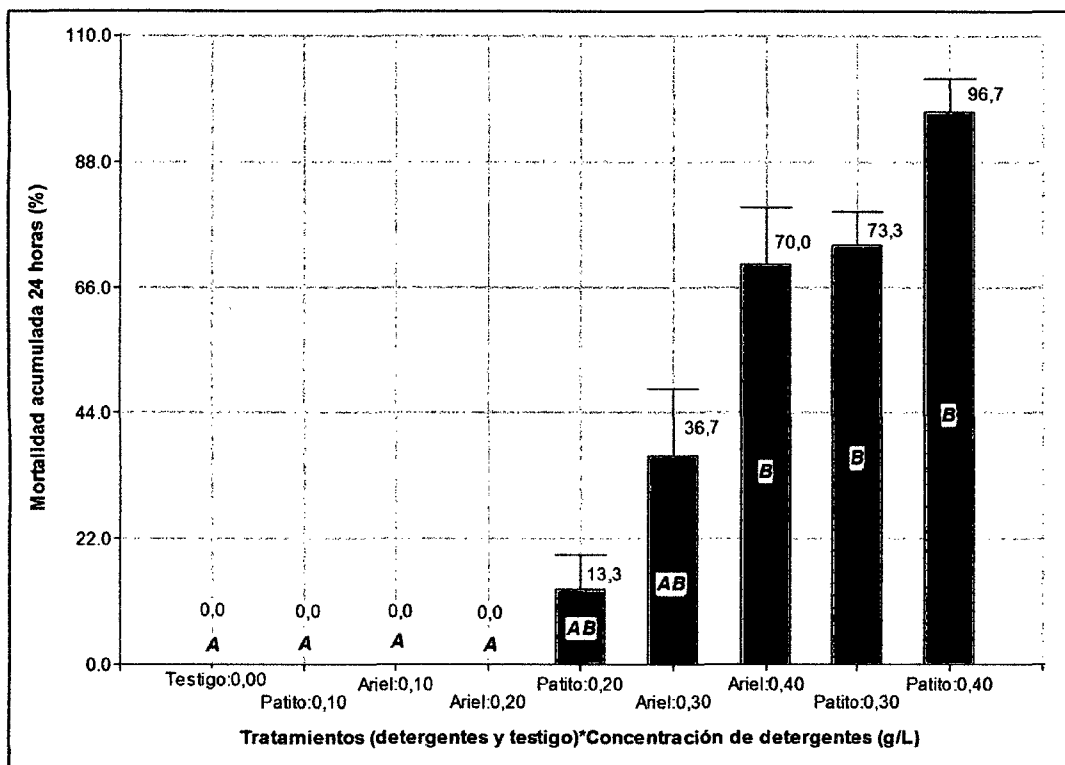


Figura 3. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* a las 24 y 48 horas de exposición en dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.



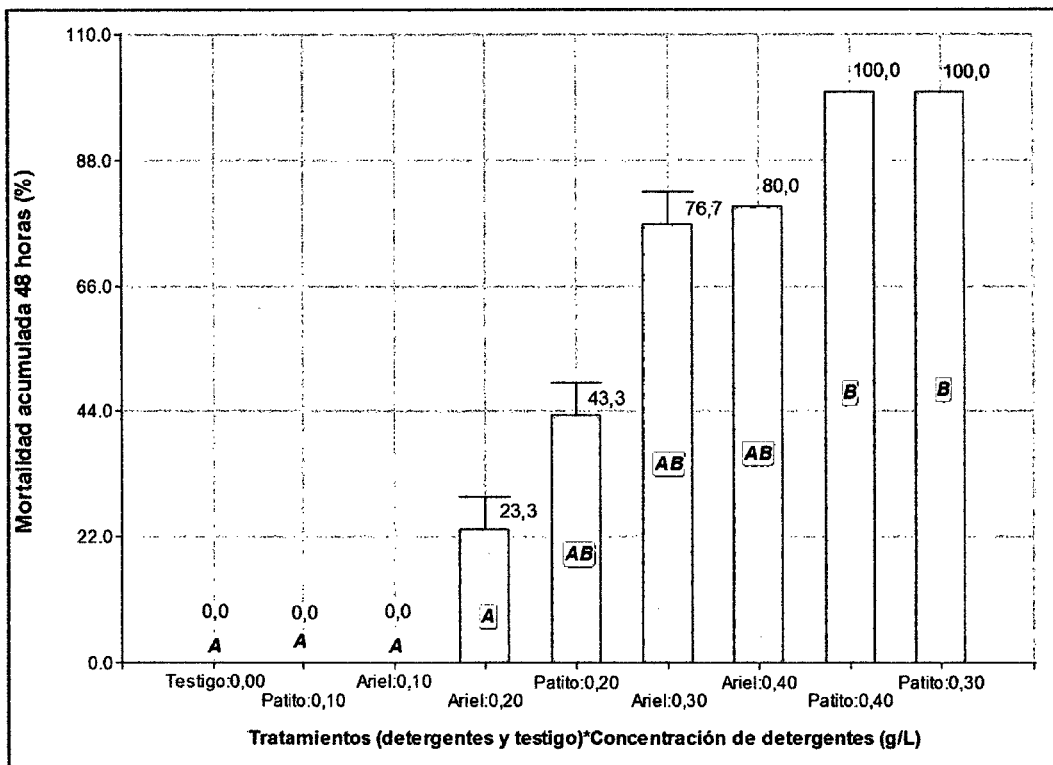
A y B: categorías asignadas por la prueba estadística

Figura 4. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* a las 24 y 48 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.



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

Figura 5. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* registrados a las 24 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.



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

Figura 6. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* a las 48 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.

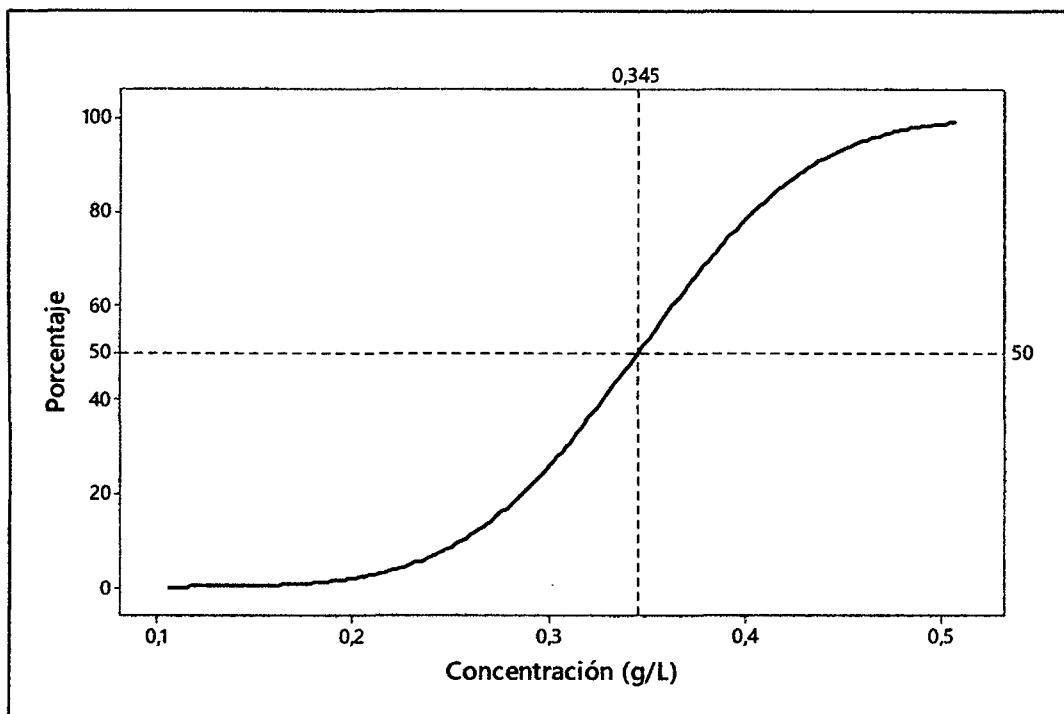


Figura 7. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Ariel y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2014.

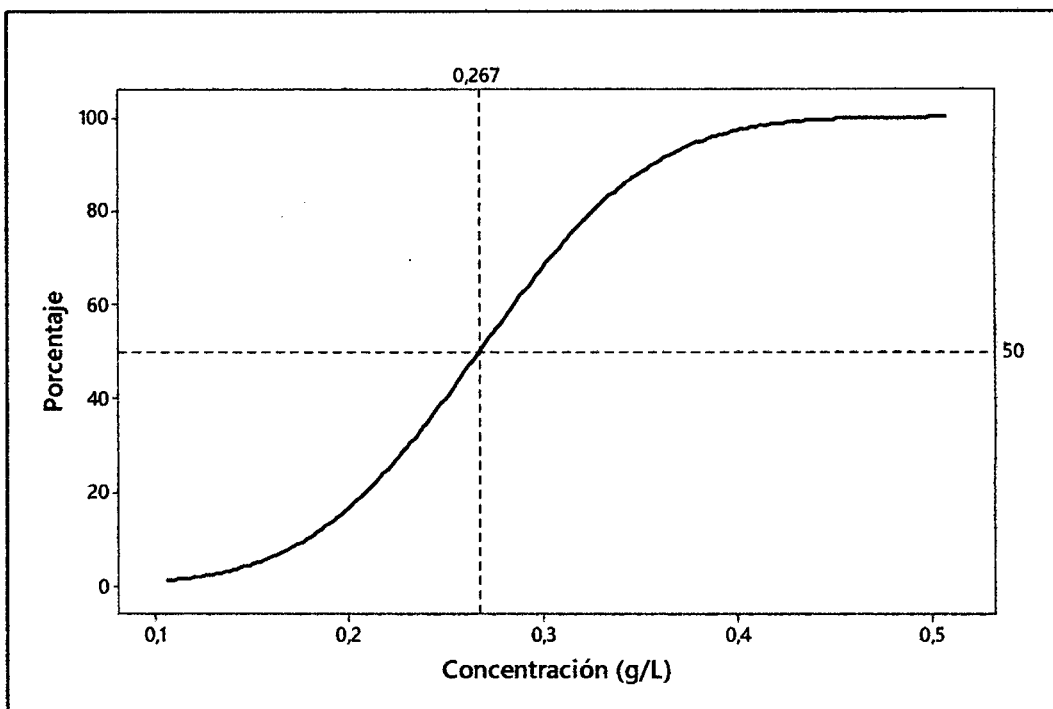


Figura 8. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Patito y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2014.

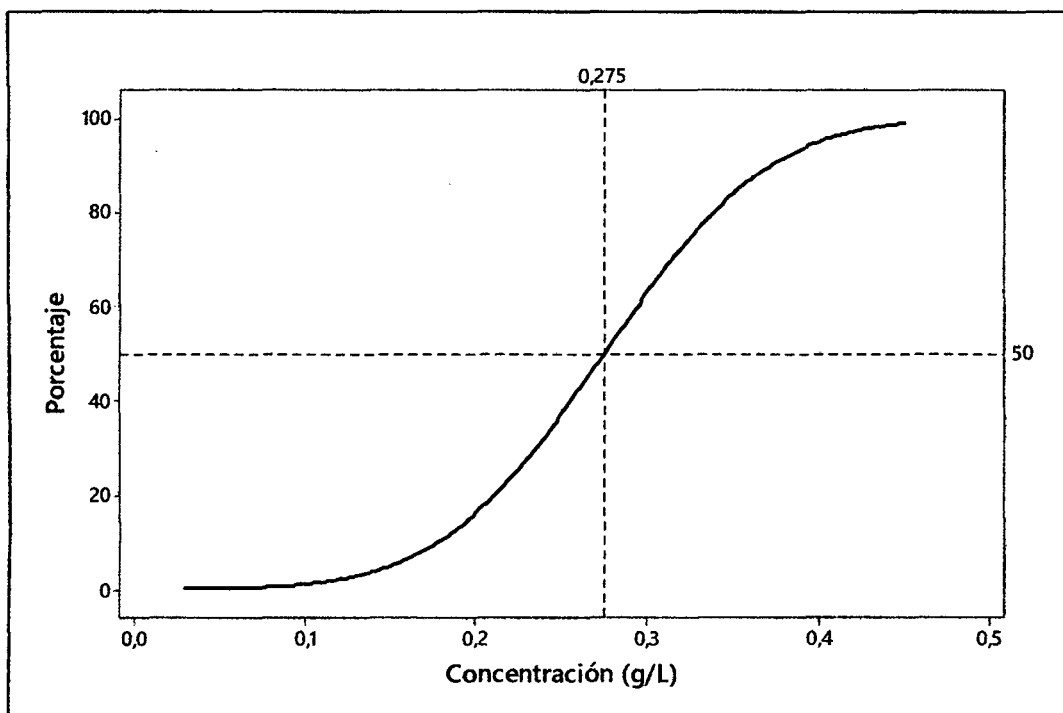


Figura 9. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Ariel y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2014.

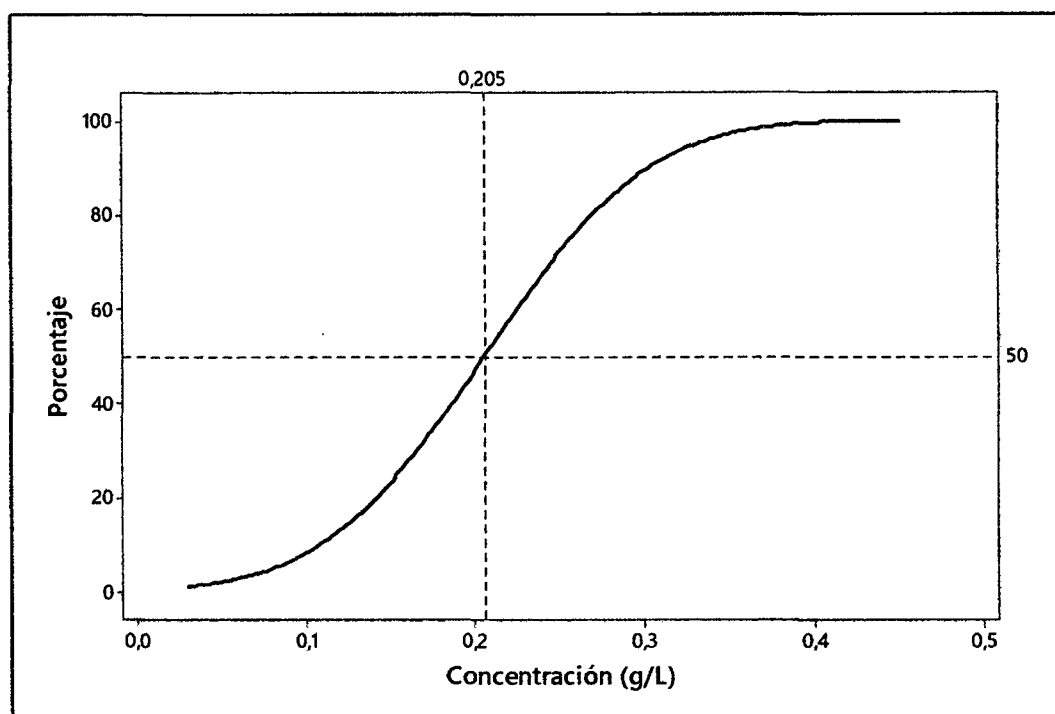


Figura 10. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Patito y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2014.

Tabla 5. Valores de la Concentración Letal Media (CL₅₀) y los intervalos de confianza a las 24 y 48 horas de exposición para los detergentes Ariel y Patito. Ayacucho, 2014.

Tratamientos (detergentes)	Tiempo de exposición	CL ₅₀	Intervalo de Confianza (95%)	
			Inferior	Superior
Ariel	24 h	0,345	0,323	0,370
	48 h	0,275	0,252	0,298
Patito	24 h	0,267	0,245	0,291
	48 h	0,205	0,181	0,231

CL₅₀: Concentración Letal Media

Tabla 6. Características fisicoquímicas del agua de dos tratamientos basados en dos detergentes comerciales más un testigo. Ayacucho, 2014.

Características fisicoquímicas	TRATAMIENTO (tipo de agua)						Kruskal- Wallis (p)
	Ariel		Patito		Testigo		
	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	
Alcalinidad (mg/L)	191,0	10,2	197,0	6,7	187,5	0,7	0,149
Dureza total (mg/L)	285 (A)	6,7	308,5 (B)	7,2	297 (AB)	1,4	0,001
Dureza cálcica (mg/L)	178,6 (A)	10,8	217,5 (B)	17,4	173 (A)	1,4	0,002
Dureza magnésica (mg/L)	106,3 (AB)	13,2	91 (A)	16,1	124 (B)	0,0	0,034
Cloruro (mg/L)	28,4	2,3	27,3	3,2	26,5	0,7	0,577
pH	8,9	0,1	8,9	0,1	8,9	0,0	0,484
Conductividad eléctrica (uS/cm)	716,8	17,2	722,3	19,5	687,5	0,7	0,066

(A), (B), (AB) : Rangos asignados por prueba estadística

V. DISCUSIÓN

En la figura 3 se observa el porcentaje de mortalidad acumulada de los alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* registrados a las 24 y 48 horas de exposición al detergente Ariel y detergente Patito y un testigo. En términos generales resalta que los valores de mortalidad a las 24 y 48 horas de ambos detergente, son similares; así a las 24 horas registra mortalidades promedios de 26,7% y 45,8% respectivamente, mientras que a las 48 horas registra 45,0% y 60,8%, también es de notar que en los blancos no se registró mortalidad alguna en los dos tiempos de exposición. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (se empleó esta prueba debido a que los datos no mostraron distribución normal, tal como se observa en la tabla del anexo 2 y anexo 3), no se halló significancia estadística ($p > 0,05$) por lo que la mortalidad generada por cada detergente, son estadísticamente similares. Lo hallado se debe a que ambos detergentes tienen una estructura molecular similar, ya que pertenecen al grupo de Sulfonato Alquilbenceno Lineal (Ariel con el compuesto básico dodecil benceno sulfonato de sodio DBSS y Patito con el compuesto básico alquil aril sulfonato de sodio AASS). El grupo de detergente señalado es utilizado principalmente en forma de sales sódicas y ocasionalmente potásicas o aniónicas. Su utilización está ligada a su gran poder espumante, solubilidad en agua, elevada biodegradabilidad y bajo coste de producción; por otro lado, al tener un carácter anfótero, facilita su acumulación en los organismos vivos, causando efectos indeseables como la modificación de la estructura de las proteínas, mal funcionamiento en las enzimas en las membranas fosfolipídicas y como consecuencia de ello efectos tóxicos en los órganos, pudiendo ocasionar la muerte en los seres vivos.³¹

En la figura 4, se muestra el porcentaje de mortalidad acumulada de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, registrados a las 24 y 48 horas de

exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Se observa en la dos marcas de detergentes, que la mortalidad a las 24 horas se incrementa a medida que las concentraciones de los detergentes también se incrementen, es así que a una concentración de 0,10 y 0,20 g/L se registra mortalidades de 0,0 y 6,7%, para Ariel y Patito, respectivamente, mientras para las concentraciones de 0,30 y 0,40 g/L se registra mortalidades de 55,0% y 83,3% respectivamente; semejante comportamiento se puede observar en las mortalidades registradas a las 48 horas, donde a las concentraciones de 0,10 y 0,20 g/L se registró mortalidades de 0,0 y 33,3% respectivamente, mientras que para las concentraciones de 0,30 y 0,40 g/L, las mortalidades fueron del orden del 83,3% y 90,0% respectivamente. Resalta el hecho de que, en el testigo no se registró mortalidad, lo que indica que la mortalidad de alevinos en el experimento fue por la presencia de los detergentes. Al realizar la prueba estadística de Kruskal-Wallis para comparar la mortalidad registrada en las diferentes concentraciones, tanto a las 24 y 48 horas de exposición, se halló significancia estadística ($p < 0,05$) la misma que se puede observar en la tabla del Anexo 4 y Anexo 5; esto nos permite afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados difieren según la concentración de los detergentes en la unidades experimentales. Al realizar la jerarquización en función de la magnitud de la mortalidad, las concentraciones de los detergentes de 0,10 y 0,20 g/L originaron menor mortalidad en los alevinos en comparación con las concentraciones de 0,30 y 0,40 g/L, siendo estas últimas, similares entre sí. El resultado descrito, claramente nos indica que al haber una mayor concentración del detergente en el medio donde se hallan los alevinos, mayor es el efecto negativo, produciendo mayor mortalidad, esto debido a que los detergentes afectan directamente las branquias, resultados que coinciden con León,⁸ es importante señalar que por su naturaleza tensioactiva, los detergentes causan disrupción de la membrana celular incrementando su permeabilidad, tal como lo menciona Murray *et al.*²⁵ Así mismo se ha podido observar que a mayor concentración de los detergentes, mayor es la cantidad de espuma que se forma en la superficie, afectando negativamente los receptores celulares de las estructuras branquiales, los que tienen como función principal el intercambio de oxígeno, ocasionando consecuentemente la asfixia en los alevinos,

En la figura 5, se muestra el porcentaje de la mortalidad acumulada de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* registrados a las 24 horas de

exposición de los detergentes Ariel y Patito en las cuatro concentraciones. Se forma general, se observa que el porcentaje de mortalidad se incrementa a medida que la concentración de los detergentes aumenta, siendo similar el comportamiento en el detergente Ariel y Patito. Tal es así que, las concentraciones de detergentes en donde se registró menor mortalidad a las 24 horas son las de menores concentraciones tanto en las soluciones con detergente Ariel y Patito, así por ejemplo para la concentración de 0,10 g/L, no se registró mortalidad, en ambos detergentes, al igual que la concentración de 0,20 g/L del detergente Ariel. De igual manera se observa que a mayor concentración de detergentes en las unidades experimentales, mayor es el porcentaje de mortalidad, así para una concentración de 0,30 g/L del detergente Patito y 0,40 g/L de para Ariel, alcanzaron mortalidades de 73,3%, 70,0% respectivamente. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 6), se halló se halló significancia estadística ($p < 0,05$), entre los tratamientos producto de la combinación de detergente Ariel y Patito con cuatro concentraciones probadas, por lo que podemos afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados son diferentes en los medios con diferente concentración y distintos detergentes. Al realizar la categorización en función a la mortalidad registrada, se observa que las concentraciones de 0,10 y 0,20 g/L de Ariel y la concentración 0,10 g/L del detergente Patito originaron menores mortalidades en los alevinos, mientras que las concentraciones de Patito 0,30 y 0,40 g/L del detergente Patito y la concentración de 0,40 g/L de Ariel, generaron mayor mortalidad, siendo a la vez estos similares entre sí. El resultado descrito probablemente, se debe a que ambos detergentes presentan diferentes compuestos básicos, tal es el caso del detergente Patito que contienen el alquil aril sulfonato de sodio (AASS) y Ariel que contiene el dodecil benceno sulfonato de sodio (DBSS), estos compuestos son tóxicos en los órganos de los seres vivos, en especial en los primeros estadios de los peces, sobre todo en larvas y alevinos ya que son especialmente delicadas y sensibles a los detergentes.³² En el experimento se observó que los alevinos presentaban aceleración de la actividad natatoria y comportamientos propios de la falta de oxígeno (boqueo, mayor actividad opercular y nado erróneo) y posteriormente la muerte, lo descrito coincide con Malagrino y Rocha,³³ quienes observaron en *Poecilia reticulata* y *Poecilia vivipara* que al ser expuestos a detergentes lineales (LAS) presentaban daño significativo a nivel de branquias al ser removido la mucosidad protectora que poseen, concluyendo al

igual que Anunobi *et al.*,³ quienes indican que las branquias son las primeras estructuras afectadas por acción de los detergentes.

En la figura 6, se muestra el porcentaje de la mortalidad acumulada de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* registrados a las 48 horas de exposición de los detergentes Ariel y Patito en las cuatro concentraciones. Tal como se había señalado anteriormente, se observa que la mortalidad se incrementa a medida que la concentración de los detergentes aumenta, siendo este comportamiento similar tanto en el detergente Ariel y Patito; así en el caso de la concentración de 0,10 g/L no se registró mortalidad alguna para ambos detergentes, siendo a partir de la concentración de 0,20 g/L en donde se presenta mortalidad acumulada con valores de 23.3% y 43.3% para Ariel y Patito respectivamente. Por otro lado, resalta el hecho de que a una concentración de 30 g/L para el detergente Patito y de 40 g/L para Ariel, se registra mortalidades del 100%. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las mortalidades acumuladas de los combinaciones de los dos detergentes y las cuatro concentraciones, el que se muestra en el Anexo 7, se halló significancia estadística ($p < 0,05$). Lo que se interpreta que los porcentajes de mortalidad registrados son diferentes en los medios probados con diferente concentración y diferentes detergentes. Al realizar la categorización en función de los valores promedios de mortalidad registrados, las concentraciones de 0,10 y 0,20 g/L de Ariel y la concentración de 0,10 g/L del detergente Patito, originaron menor mortalidad en los alevinos, mientras que las mayores concentraciones del detergente Patito (0,30 y 0,40 g/L) originaron mayor mortalidad, siendo estadísticamente similares a los tratamientos de Ariel con las concentraciones de 0,40 y 0,30 g/L. El resultado se debe a que el compuesto principal es diferente en ambos detergentes, es importante mencionar que el efecto tóxico es diferente en cada caso (concentraciones). Sin embargo ambos detergentes pertenecen al grupo LAS (Sulfonato Alquilbenceno Lineal, ya que es fácil de biodegradar), siendo similar la toxicidad de ambos detergentes. Buhl y Hamilton,² concluyen en que los valores dispares de toxicidad de los detergentes en los alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* está relacionada a las diferencias en composición de las mezclas de los detergentes estudiados. Además la composición de los detergentes utilizados no es del todo conocida.

En la figura 7, se muestra la tendencia de mortalidad acumulada teórica de los alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* en función de las

concentraciones del detergente Ariel y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 24 horas de exposición. Se observa que a menores concentraciones del detergente, la mortalidad es mínima hasta llegar a valores entre 0,2 y 0,3 g/L, en donde se incrementa notablemente. También se observa que a una concentración de 0,346 g/L del detergente, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Ariel, mueren a las 24 horas de exposición.

En la figura 8, se observa la tendencia de la mortalidad acumulada teórica de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Patito, y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 24 horas de exposición. Se observa que la mortalidad se incrementa a medida que la concentración del detergente también se incrementa. Se observa también que a una concentración de 0,268 g/L del detergente, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Patito, mueren a las 24 horas de exposición.

En la figura 9, se muestra la tendencia de mortalidad acumulada teórica de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Ariel, así como el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición. Al igual como en los casos anteriores, se observa que son mínimas las mortalidades a menores concentraciones del detergente, hasta llegar a valores entre 0,1 y 0,2 mg/L donde se incrementa notablemente. También se observa que a una concentración de 0,275 g/L del detergente, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Ariel, mueren a las 24 horas de exposición.

En la figura 10, se observa la tendencia de la mortalidad acumulada teórica de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en relación con las concentraciones crecientes del detergente, también es posible observar el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición en el detergente Patito. Se observa que la mortalidad se va incrementando notablemente, de acuerdo al incremento de las concentraciones. También se observa que a una concentración de 0,206 g/L del detergente, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Patito, mueren a las 24 horas de exposición.

En la tabla 5, se muestra los valores de las concentraciones letales medias (CL_{50}) con sus intervalos de confianza a las 24 y 48 horas de exposición para los detergentes Ariel y Patito. De acuerdo a los valores hallados se puede apreciar

que para Ariel las concentraciones letales medias son ligeramente superiores al del detergente Patito, tanto a las 24 y 48 horas de exposición; así a las 24 horas, se tiene un valor de 0,345 g/L para Ariel y de 0,267 g/L para Patito. Por otro lado es de notar que a mayor horas de exposición, la concentración letal media (CL_{50}) disminuye en ambos detergentes, así para Ariel a las 24 horas, el CL_{50} es de 0,346 g/L y a las 48 horas de exposición es de 0,275 g/L; mientras que para Patito se registró valores de 0,267 y de 0,205 g/L para las 24 y 48 horas de exposición. Los resultados hallados son congruentes con lo manifestado anteriormente, donde el detergente Patito originó mortalidades ligeramente superiores a Ariel; sin embargo dicha diferencia no fue estadísticamente significativa, 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} disminuyen (esta tendencia se observa en ambos detergentes), lo que se interpreta que, cuanto más es el tiempo de exposición a una sustancia tóxica, mayor efecto tóxico causa.

En la tabla 6, se observa los valores promedios de las principales características fisicoquímicas del agua contenida en los diferentes tratamientos (combinaciones de dos detergentes comerciales y cuatro concentraciones) y un testigo. Resalta que a nivel de la dureza total, dureza cálcica y dureza magnésica existen grandes fluctuaciones en comparación con el testigo; así en el testigo (solo agua) se registró un valor promedio de 297 mg/L para dureza total, mientras que en los tratamientos que contienen Ariel mostraron valores ligeramente inferiores con valor promedio de 285 mg/L, siendo este efecto contrario en los tratamientos que contienen Patito los que incrementaron a 308,5 mg/L. La dureza total, cálcica y magnésica son las únicas características fisicoquímicas que estadísticamente son diferentes al comparar los dos detergentes, siendo mayor los valores en el detergente Patito en comparación al testigo pese a que se supone que dichos productos tienen la propiedad de bajar la dureza; al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, se halló significancia estadística ($p < 0,05$), siendo estadísticamente mayor los tratamientos en el que está presente el detergente Patito en comparación con Ariel. Con respecto a la conductividad eléctrica, se observa que en los tratamientos en el que está presente el detergente Ariel y Patito, incrementan sus valores en comparación con el testigo, lo que nos estaría indicando que los detergentes presentan compuestos que se ionizan al contacto

del agua; sin embargo al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, no se halló significancia estadística ($p>0,05$), al igual que en la características de alcalinidad total, en la concentración de cloruros y pH. Estos resultados está relacionado a las diferencias en composición de las mezclas de los detergentes estudiados, ocasionando mayor dureza en el detergente Patito en comparación con el testigo y menor dureza con el detergente Ariel, registrando mayores mortalidades en los tratamientos con agua más dura debido a que contienen mayores concentraciones de cationes de calcio y magnesio, ya que son los responsables del agua dura y de hacer menos soluble a los detergentes y por lo tanto más tóxicos por permanecer inertes en el agua, ocasionando mayor toxicidad en los alevinos.⁸ Con respecto a las otras características fisicoquímicas del agua de cultivo en cuanto al detergente Ariel se hallan en el límite de tolerancia de dichos animales, y en el detergente Patito sobre pasa los rangos de tolerancia generando un mayor porcentaje de mortalidad, ya que la trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, presenta valores muy estrechos de tolerancia a las características de su hábitat, por lo mismo es muy empleado como indicador y buen modelo biológico en los estudios toxicológicos de sustancias contaminantes del agua.²⁶

VI. CONCLUSIONES

1. Los porcentajes de mortalidad registrados en las soluciones con detergente Ariel y Patito fueron estadísticamente similares ($p>0,05$) asumiendo valores de 26,7% a 45,8% de mortalidad acumulada, a 24 horas y de 45,0% a 60,8% a 48 horas. Por otro lado, la mortalidad de los alevinos de trucha "arco iris" se incrementa, en la medida en que también la concentración de los detergentes también se incrementa.
2. La concentración letal media hallada para el detergente Patito fueron de 0,267 7 g/L y 0,205 8 g/L y para Ariel de 0,345 8 g/L y 0,0275 1 g/L, a las 24 y 48 horas de exposición respectivamente.
3. La concentración letal media (CL_{50}) fue menor en el detergente Patito en comparación con el detergente Ariel, tanto a las 24 y 48 horas de exposición, sin embargo generaron semejantes mortalidades ($p>0,05$), así mismo se halló que dichos valores tienden a disminuir a medida que el tiempo de exposición al tóxico 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 compuestos que son comúnmente empleados por el hombre, como detergentes, medicamentos, saponinas de la quinua, etc, que de alguna manera son finalmente eliminados a los ecosistemas como ríos, suelo, lagunas, etc.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Campuzano S, Camacho JE, Alvarez A. Caracterización del desecho tóxico producido en PYMES que fabrican detergentes. Univ Nac Colomb. 2006; 9(1): 77–8.
2. Buhl KJ, Hamilton SJ. Toxicidad aguda del Fuego-control Químicos, Productos químicos nitrogenados y surfactantes a la trucha arco iris. Transacciones Soc Am Pesq. 2000; 129(2): 408–18.
3. Okoli Anunobi CAIN, Ufodike EBC, Chude LA. Los efectos letales del detergente, Elefante Blue® en la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). Rev Cienc Acuát. 2004 Mar 1; 17(2): 95–8.
4. Espina S, Díaz F, Rosas C, Rosas I. Influencia del detergente sobre el balance energético de *Ctenopharyngodon idella* a través de un bioensayo crónico. Rev Int Contam Ambient. 2010 Sep 1; 2(1): 25–37.
5. UC Peraza RG, Delgado Blas VH. Concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes biodegradables domésticos en *Culveri laeonereis* (Webster 1879) (Polychaeta: Annelida). Rev Int Contam Ambient. 2012 May; 28(2): 137–44.
6. Alvarez G, Medina G, Sanchez G. Efecto del detergente biodegradable (Aquil Sulfonato de Sodio) en el consumo de oxígeno y tasa de filtración del bivalvo *Semimytilus algosus*. Rev Peru Biol. 1999; 6(1): 68–74.
7. Iannacone J, Alvarino L. Efecto del detergente doméstico alquil aril sulfonato de sodio lineal (LAS) sobre la mortalidad de tres caracoles dulce acuícolas en el Perú. Ecol Apl. 2002; 1(1): 81–7.
8. León Llanos MA. Efecto ecotoxicológico de los detergentes biodegradables en la trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), en El Centro Piscícola “El Ingenio”-Huancayo [Tesis Pregrado]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2006.
9. Riva Juan M del C, Marlasca Hernández MJ, Crespo Giménez S. Evaluación de la toxicidad de efluentes del lavado y del tratamiento inencogible de la lana en peces: Dosis letales y observaciones hemáticas. Inst Investig Text Coop Ind. 2011 Jun 15; 1(104): 53–8.
10. Figueroa MAI-, Guerrero CL, Mora-Pantoja AP, Lasso-Guerrero AM. Efecto del sulfonato de alquilbenceno sobre la supervivencia de la Cachama blanca (*Piaractus brachipomus*). Rev Investig Pecu [Internet]. 2013; 2(2). Disponible en: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/988>
11. Fernández Alés R, Leiva Morales MJ. Ecología para la agricultura. Ilustrada. España: Mundi-Prensa; 2003. 223 p.
12. Nebel B, Wrigth R. Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenible. Sexta Edición. 6ª ed. México: Editorial Prentice May, S.A.; 1999.
13. Van Leeuwen K. Evaluación de los efectos ecotoxicológicos en los Países Bajos: La evolución reciente. Gest Ambient. 1990; 14(6): 779–92.
14. Ramamoorthy S, Baddaloo EG. Manual de la Química: perfiles de toxicidad de las especies biológicas. Especies acuáticas. Florida: CRC Press; 1995. 408 p.
15. Rand GM. Fundamentos de Toxicología Acuática: Efectos, Destino Ambiental y Evaluación de Riesgos. 2ª ed. Washington: CRC Press; 1995. 1160 p.
16. Sibila Lores MÁ. Evaluación de la biodegradabilidad y ecotoxicidad de tensioactivos en el medio acuático marino [Tesis Doctoral]. [Cadiz]: Universidad de Cádiz; 2008.
17. Roldán Pérez G, Ramírez Restrepo JJ. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2ª ed. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 1992.

18. Ramírez P, Mendoza A. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. México: Instituto Nacional de Ecología. Delegación Tlalpan; 2008: 18-36 p.
19. De la Lanza G, Hernández S, Carbajal J. Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). 4ª Ed. México: Plaza y Valdés; S.A. de C.V.; 2000: 1-100 p.
20. Menéndez Díez F. Higiene industrial. 9ª ed. España: Lex Nova; 2009: 635 p.
21. Repetto Jiménez M, Repetto Kuhn G. Toxicología Fundamental. 3ª ed. España: Ediciones Díaz de Santos; S.A.; 2009: 1-100 p.
22. Jean Louis S. Detergentes: componentes, fabricación y fórmulas. Lab Formulación Interfases Reol Procesos; 1988; 1(1): 12-22.
23. Manrique E. Tensioactivos y auxiliares. Ceñt Univ México AC. 2008; 1(2): 5-8.
24. Ale. Química Orgánica: Detergentes (Lab). Los Tensioactivos [Internet]; 2008 [cited 2014 Aug 1]. Disponible en: <http://quimior8.blogspot.com/2008/10/los-tensioactivos.html>
25. Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil PA. Harper: Bioquímica ilustrada 28ª ed. México: McGraw-Hill; Intermamericana Editores; 2013. 699 p.
26. Cachafeiro Blanco C. La trucha: cría industrial. España: Mundí; Prensa Libros S.A.; 1984. 503 p.
27. FONDEPES. Manual de Cultivo de Truchas Arcó Iris en jaulas. Gerencia de Acuicultura. Lima, Perú: Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero; 2004.
28. Margalef R. Limnología. 4ª ed. Barcelona, España: Ediciones Omega; S.A.; 1983. 1010 p.
29. Carrasco Badajoz CE. Manual de técnicas para análisis de agua. Ayacucho Perú; 2005.
30. Roldán G. Guía Para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 1988: 217 p.
31. Sánchez Peinado M. del M. Efectos biológicos de los sulfonatos de alquibenceno lineal (LAS) en suelo agrícola: Biotransformación y estudios de biodiversidad. [Internet] [Tesis (Doctoral)]. [Granada]: Universidad de Granada; 2007. Disponible en: 978-843384382-1.
32. Sales D, Perales JA, Manzano MA, Quiroga JM. Biodegradación tensioactivo aniónico en agua de mar. Boletín Inst Esp Oceanogr; 1999; 1(15): 517-22.
33. Malagrino W, Rocha AA. Estudio comparativo de la acción tóxica de un detergente biodegradable en *Poecilia reticulata* y *Poecilia vivipara* (Pisces: Poeciliidae). Rev DAE. 1987 Mar; 47(148): 86-91.

ANEXOS

Anexo1.

Registro de datos (tratamientos, fecha, hora, temperatura del agua y mortalidad acumulada) en proceso experimental.

Tipo de detergente	Concentración (g)	Rept.	24/11/2014								25/11/2014							
			08 h 00				20 h 00				08 h 00				20 h 00			
			Condc. Eléct. (uS/cm)	pH	T (°C)	N° de Muertos	Condc. Eléct. (uS/cm)	pH	T (°C)	N° de Muertos	Condc. Eléct. (uS/cm)	pH	T (°C)	N° de Muertos	Conduc. Eléct. (uS/cm)	pH	T (°C)	N° de Muertos
Ariel	0.10	1	704	8,84	15,6	0	703	8,88	17,6	0	704	8,90	15,6	0	699	8,89	18,5	0
Ariel	0.10	2	695	8,89	15,5	0	697	8,94	17,6	0	702	8,95	15,4	0	699	8,94	18,5	0
Ariel	0.10	3	696	8,82	15,5	0	699	8,87	17,5	0	696	8,86	15,3	0	701	8,86	18,5	0
Ariel	0.20	1	704	8,79	15,6	0	693	8,86	17,7	0	703	8,89	15,5	0	707	8,89	18,6	1
Ariel	0.20	2	703	8,81	15,5	0	704	8,90	17,6	0	706	8,90	15,4	0	710	8,94	18,5	0
Ariel	0.20	3	701	8,86	15,4	0	703	8,92	17,6	0	706	8,92	15,3	0	708	8,97	18,6	1
Ariel	0.30	1	702	8,88	15,8	0	708	8,93	17,6	3	708	8,90	15,8	5	720	8,94	18,5	8
Ariel	0.30	2	708	8,87	15,7	0	703	8,93	17,3	5	716	8,92	15,5	6	726	8,91	18,4	7
Ariel	0.30	3	710	8,77	15,6	1	713	8,85	17,9	3	724	8,75	15,6	4	741	8,70	18,5	8
Ariel	0.40	1	710	8,89	15,9	4	711	8,91	17,9	6	714	8,95	15,4	7	722	8,96	18,9	8
Ariel	0.40	2	714	8,87	15,8	5	720	8,91	17,8	7	733	8,80	15,5	8	751	8,75	18,8	8
Ariel	0.40	3	713	8,89	15,7	2	715	8,91	17,7	8	719	8,91	15,4	8	729	8,92	18,6	8
Patito	0.10	1	696	8,84	15,7	0	694	8,91	17,8	0	699	8,91	15,5	0	700	8,93	18,6	0
Patito	0.10	2	697	8,84	15,7	0	698	8,90	17,8	0	697	8,92	15,5	0	700	8,93	18,7	0
Patito	0.10	3	700	8,73	15,8	0	692	8,79	17,9	0	699	8,85	15,6	0	703	8,85	18,7	0
Patito	0.20	1	702	8,78	16,1	0	704	8,85	18,0	1	705	8,87	15,8	2	710	8,90	18,9	4
Patito	0.20	2	702	8,85	15,8	0	703	8,92	18,0	0	705	8,94	15,5	1	709	8,96	19,0	5
Patito	0.20	3	704	8,79	15,7	0	705	8,84	18,0	0	706	8,87	15,4	1	711	8,86	19,0	4
Patito	0.30	1	709	8,86	15,7	1	711	8,91	18,0	7	725	8,81	15,6	8	740	8,78	18,7	10
Patito	0.30	2	710	8,87	15,7	2	713	8,92	18,0	8	723	8,85	15,6	9	736	8,81	18,8	10
Patito	0.30	3	704	8,92	15,1	0	707	8,95	18,1	7	710	8,97	15,7	7	718	8,96	19,0	10
Patito	0.40	1	712	8,96	16,1	5	714	8,96	18,2	9	714	8,97	15,9	9	734	8,97	19,1	10
Patito	0.40	2	710	8,88	15,9	4	722	8,93	18,2	10	734	8,84	15,7	10	749	8,79	19,2	10
Patito	0.40	3	714	8,92	15,2	5	716	8,96	18,1	10	724	8,92	15,3	10	733	8,92	19,2	10
Testigo	0,00	1	689	8,79	15,8	0	689	8,88	18,3	0	692	8,90	15,5	0	688	8,86	19,4	0
Testigo	0,00	2	688	8,84	15,8	0	688	8,86	18,2	0	691	8,88	15,4	0	6,87	8,87	19,3	0

Anexo 2.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para los porcentajes de mortalidad de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* sometidos a los detergentes Ariel y detergente Patito registrados a las 24 horas de exposición.

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	p
Mortalidad acumulada 24 h (%)	detergente Ariel	12	26,67	31,14	0,1627
Mortalidad acumulada 24 h (%)	detergente Patito	12	45,83	42,31	

Anexo 3.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para los porcentajes de mortalidad de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* sometidos a los detergentes Ariel y detergente Patito registrados a las 48 horas de exposición.

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	p
Mortalidad acumulada 48 h (%)	detergente Ariel	12	45,00	36,06	0,1849
Mortalidad acumulada 48 h (%)	detergente Patito	12	60,83	44,00	

Anexo 4.

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* sometidos a cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales registrados a las 24 horas de exposición.

Variable	Concentración detergente (g/L)	N	Medias	D.E.	p
Mortalidad acumulada 24 h (%)	0,00	2	0	0	0,0002
Mortalidad acumulada 24 h (%)	0,10	6	0	0	
Mortalidad acumulada 24 h (%)	0,20	6	6,67	8,16	
Mortalidad acumulada 24 h (%)	0,30	6	55,00	21,68	
Mortalidad acumulada 24 h (%)	0,40	6	83,33	16,33	

Trat.	Ranks		
0,00	6,00	A	
0,10	6,00	A	
0,20	9,50	A	
0,30	18,42		B
0,40	22,58		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 trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* sometidos a cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales registrados a las 48 horas de exposición.

Variable	Concentración del detergente	N	Medias	D.E.	p
Mortalidad acumulada 48 h (%)	0,00	2	0	0	0,0001
Mortalidad acumulada 48 h (%)	0,10	6	0	0	
Mortalidad acumulada 48 h (%)	0,20	6	33,33	12,11	
Mortalidad acumulada 48 h (%)	0,30	6	88,33	13,29	
Mortalidad acumulada 48 h (%)	0,40	6	90,00	10,95	

Trat.	Ranks		
0,00	4,50	A	
0,10	4,50	A	
0,20	11,50	A	
0,30	20,25		B
0,40	20,75		B

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

Anexo 6.

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, según la combinación de cuatro concentraciones crecientes de detergente Ariel y detergente Patito y un testigo registrados a las 24 horas.

Variable	Tratamientos (detergente)	Concentración de detergente (g/L)	N	Medias	D.E.	p
Mortalidad acumulada 24 h	Ariel	0,10	3	0	0	0,0018
Mortalidad acumulada 24 h	Ariel	0,20	3	0	0	
Mortalidad acumulada 24 h	Ariel	0,30	3	36,67	11,55	
Mortalidad acumulada 24 h	Ariel	0,40	3	70,00	10	
Mortalidad acumulada 24 h	Testigo	0,00	2	0	0	
Mortalidad acumulada 24 h	Patito	0,10	3	0	0	
Mortalidad acumulada 24 h	Patito	0,20	3	13,33	5,77	
Mortalidad acumulada 24 h	Patito	0,30	3	73,33	5,77	
Mortalidad acumulada 24 h	Patito	0,40	3	96,67	5,77	

Trat.	Ranks		
Testigo:0,00	6,00	A	
Ariel:0,10	6,00	A	
Patito:0,10	6,00	A	
Ariel:0,20	6,00	A	
Patito:0,20	13,00	A	B
Ariel:0,30	16,00	A	B
Ariel:0,40	20,17		B
Patito:0,30	20,83		B
Patito:0,40	25,00		B

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

Anexo 7.

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, según la combinación de cuatro concentraciones crecientes de detergente Ariel y detergente Patito y un testigo registrados a las 48 horas.

Variable	Tratamientos (detergentes)	Concentración de detergentes (g/L)	N	Medias	D.E.	p
Mortalidad acumulada 48 h	Ariel	0,10	3	0	0	0,0017
Mortalidad acumulada 48 h	Ariel	0,20	3	23,33	5,77	
Mortalidad acumulada 48 h	Ariel	0,30	3	76,67	5,77	
Mortalidad acumulada 48 h	Ariel	0,40	3	80,00	0	
Mortalidad acumulada 48 h	Testigo	0,00	2	0	0	
Mortalidad acumulada 48 h	Patito	0,10	3	0	0	
Mortalidad acumulada 48 h	Patito	0,20	3	43,33	5,77	
Mortalidad acumulada 48 h	Patito	0,30	3	100,00	0	
Mortalidad acumulada 48 h	Patito	0,40	3	100,00	0	

Trat.	Ranks		
Testigo:0,00	4,5	A	
Patito:0,10	4,5	A	
Ariel:0,10	4,5	A	
Ariel:0,20	10,0	A	
Patito:0,20	13,0	A	B
Ariel:0,30	17,0	A	B
Ariel:0,40	18,0	A	B
Patito:0,40	23,5		B
Patito:0,30	23,5		B

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

Anexo 8.

Percentiles (concentración letal media en g/L) de detergente Ariel sometidas a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.

Porcentaje	Percentil	Error estándar	95,0% Fiducial CI	
			Inferior	Superior
1	0,183	0,021	0,131	0,219
2	0,202	0,019	0,155	0,235
3	0,215	0,018	0,170	0,245
4	0,224	0,018	0,182	0,253
5	0,231	0,017	0,191	0,260
6	0,237	0,016	0,198	0,265
7	0,243	0,016	0,205	0,270
8	0,248	0,016	0,211	0,274
9	0,252	0,015	0,217	0,278
10	0,256	0,015	0,222	0,282
20	0,287	0,013	0,258	0,310
30	0,309	0,012	0,284	0,332
40	0,328	0,012	0,304	0,351
50	0,346	0,012	0,323	0,370
60	0,363	0,012	0,341	0,389
70	0,382	0,013	0,359	0,411
80	0,405	0,014	0,380	0,437
90	0,435	0,016	0,407	0,743
91	0,439	0,017	0,411	0,479
92	0,444	0,017	0,415	0,485
93	0,449	0,018	0,419	0,491
94	0,454	0,018	0,424	0,498
95	0,461	0,019	0,429	0,506
96	0,468	0,019	0,436	0,515
97	0,477	0,020	0,443	0,526
98	0,489	0,021	0,454	0,542
99	0,508	0,023	0,470	0,566

Anexo 9.

Percentiles (concentración letal media en g/L) de detergente Patito sometidas a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.

Porcentaje	Percentil	Error estándar	95,0% Fiducial CI	
			Inferior	Superior
1	0,105	0,022	0,050	0,142
2	0,124	0,020	0,074	0,158
3	0,137	0,019	0,090	0,169
4	0,146	0,018	0,101	0,177
5	0,153	0,018	0,110	0,183
6	0,159	0,002	0,118	0,188
7	0,165	0,017	0,125	0,193
8	0,170	0,016	0,131	0,198
9	0,174	0,016	0,136	0,202
10	0,178	0,016	0,141	0,205
20	0,209	0,013	0,178	0,233
30	0,231	0,012	0,204	0,254
40	0,250	0,012	0,225	0,273
50	0,268	0,012	0,245	0,291
60	0,285	0,012	0,263	0,310
70	0,304	0,012	0,282	0,331
80	0,326	0,013	0,303	0,357
90	0,357	0,015	0,331	0,394
91	0,361	0,016	0,334	0,399
92	0,366	0,016	0,338	0,404
93	0,371	0,017	0,343	0,410
94	0,376	0,017	0,347	0,417
95	0,383	0,018	0,353	0,425
96	0,390	0,018	0,359	0,434
97	0,399	0,019	0,367	0,445
98	0,411	0,020	0,377	0,461
99	0,430	0,022	0,394	0,485

Anexo 10.

Percentiles (concentración letal media en g/L) de detergente Ariel sometidas a las 48 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.

Porcentaje	Percentil	Error estándar	95,0% Fiducial CI	
			Inferior	Superior
1	0,099	0,022	0,045	0,136
2	0,119	0,021	0,070	0,154
3	0,132	0,019	0,086	0,165
4	0,142	0,019	0,098	0,174
5	0,150	0,018	0,108	0,181
6	0,157	0,017	0,116	0,187
7	0,163	0,017	0,123	0,192
8	0,169	0,017	0,130	0,197
9	0,173	0,016	0,136	0,201
10	0,178	0,016	0,141	0,205
20	0,211	0,014	0,181	0,236
30	0,235	0,012	0,208	0,258
40	0,256	0,012	0,231	0,278
50	0,275	0,011	0,252	0,298
60	0,294	0,012	0,272	0,318
70	0,315	0,012	0,292	0,341
80	0,339	0,013	0,315	0,368
90	0,372	0,015	0,346	0,407
91	0,377	0,015	0,350	0,412
92	0,382	0,016	0,354	0,418
93	0,387	0,016	0,359	0,424
94	0,393	0,017	0,365	0,432
95	0,400	0,017	0,371	0,440
96	0,408	0,018	0,378	0,450
97	0,418	0,019	0,386	0,462
98	0,431	0,020	0,398	0,478
99	0,452	0,021	0,416	0,503

Anexo 11.

Percentiles (concentración letal media en g/L) de detergente Patito sometidas a las 48 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.

Porcentaje	Percentil	Error estándar	95,0% Fiducial CI	
			Inferior	Superior
1	0,029	0,023	-0,025	0,068
2	0,050	0,021	0,000	0,086
3	0,063	0,020	0,016	0,097
4	0,073	0,019	0,028	0,106
5	0,081	0,019	0,038	0,113
6	0,088	0,018	0,046	0,012
7	0,094	0,018	0,053	0,124
8	0,099	0,017	0,060	0,129
9	0,104	0,017	0,065	0,133
10	0,109	0,016	0,071	0,137
20	0,142	0,014	0,110	0,168
30	0,166	0,013	0,137	0,191
40	0,187	0,013	0,160	0,211
50	0,206	0,013	0,181	0,231
60	0,225	0,013	0,200	0,251
70	0,246	0,013	0,221	0,273
80	0,270	0,014	0,244	0,301
90	0,303	0,016	0,275	0,339
91	0,308	0,016	0,279	0,345
92	0,312	0,017	0,284	0,351
93	0,318	0,017	0,288	0,357
94	0,324	0,017	0,294	0,364
95	0,331	0,018	0,300	0,372
96	0,339	0,019	0,307	0,382
97	0,348	0,019	0,316	0,394
98	0,362	0,020	0,327	0,410
99	0,382	0,022	0,345	0,435

Anexo 12.

Prueba de Kruskal-Wallis para las características fisicoquímicas de las aguas de los tratamientos (dos detergentes y cuatro concentraciones)

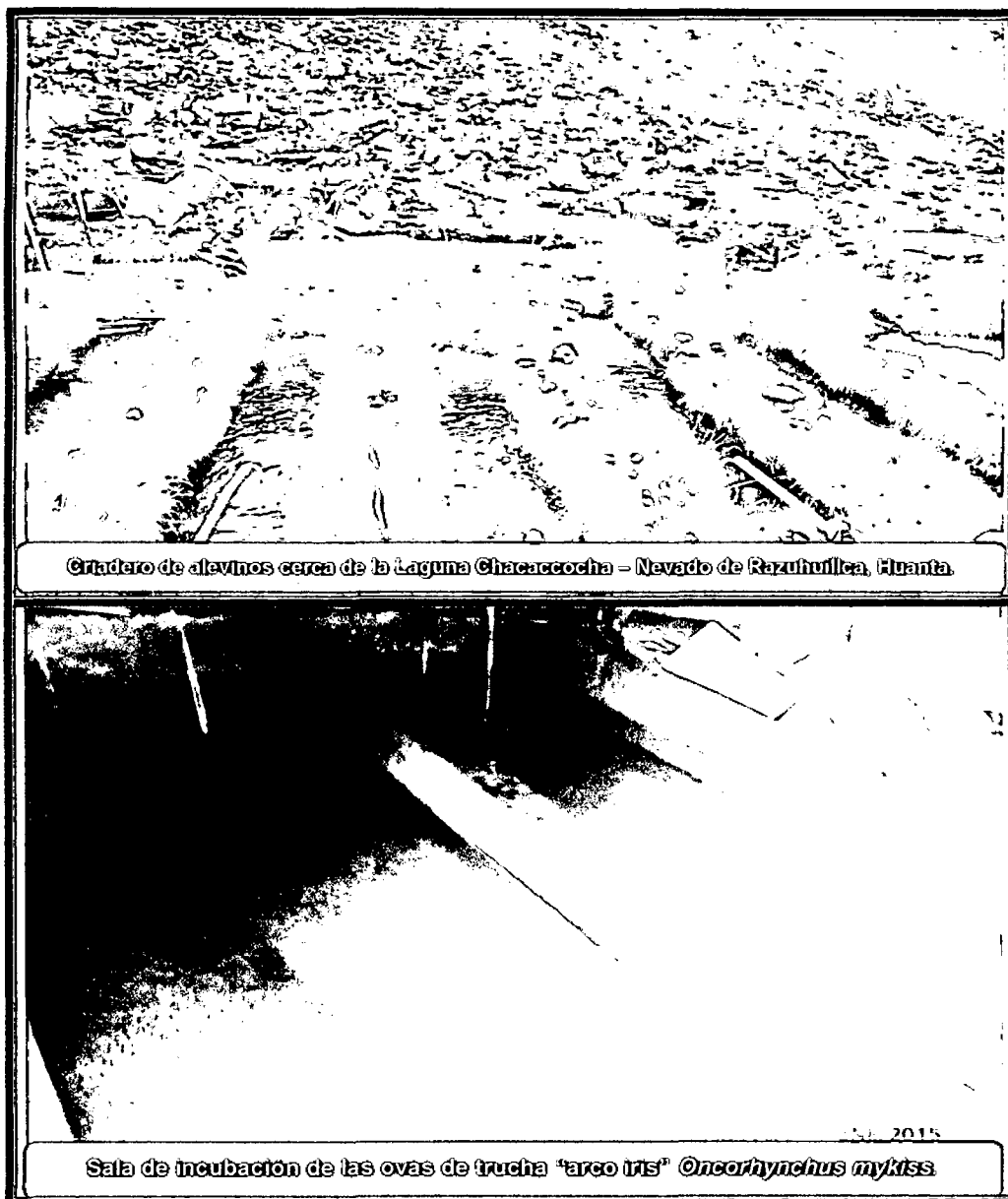
Características fisicoquímicas	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Alcalinidad (mg/L)	3,806	2	,149
Dureza total (mg/L)	13,171	2	,001
Dureza cálcica (mg/L)	12,835	2	,002
Dureza magnésica (mg/L)	6,766	2	,034
Cloruro (mg/L)	1,100	2	,577
pH a las 48 Horas	1,451	2	,484
Conductividad eléctrica (uS/cm) a las 48 horas	5,440	2	,066

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: TRATAMIENTO (tipo de agua)

Anexo 13.

Obtención de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*



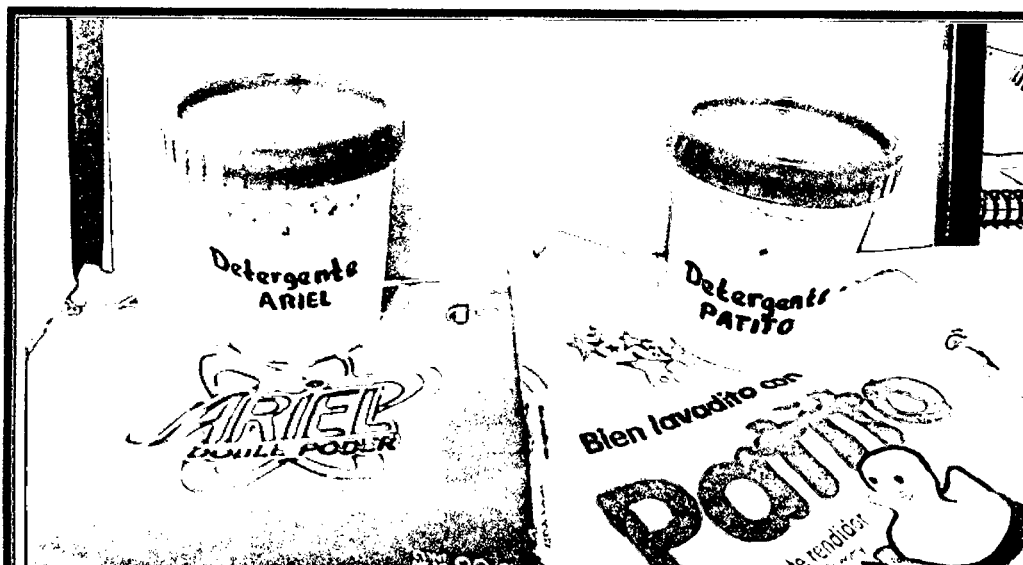
Anexo 14.

Traslado y aclimatación de los alevinos de de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*.



Anexo 15.

Selección del detergente y pesaje de las diferentes concentraciones para el experimento.



Selección de los detergentes: Ariel y Patito



Pesado de los detergentes en una balanza analítica

Anexo 16.

Disposición y preparación de los recipientes con la solución de los detergentes.



Disposición de los recipientes para el experimento



Preparado de los mangueras de oxigenación

Anexo 17.

Registro de alevinos muertos y toma de datos con el multiparametrico durante todo el proceso del experimento.



Toma de datos con el multiparametrico y registro de los alevinos muertos

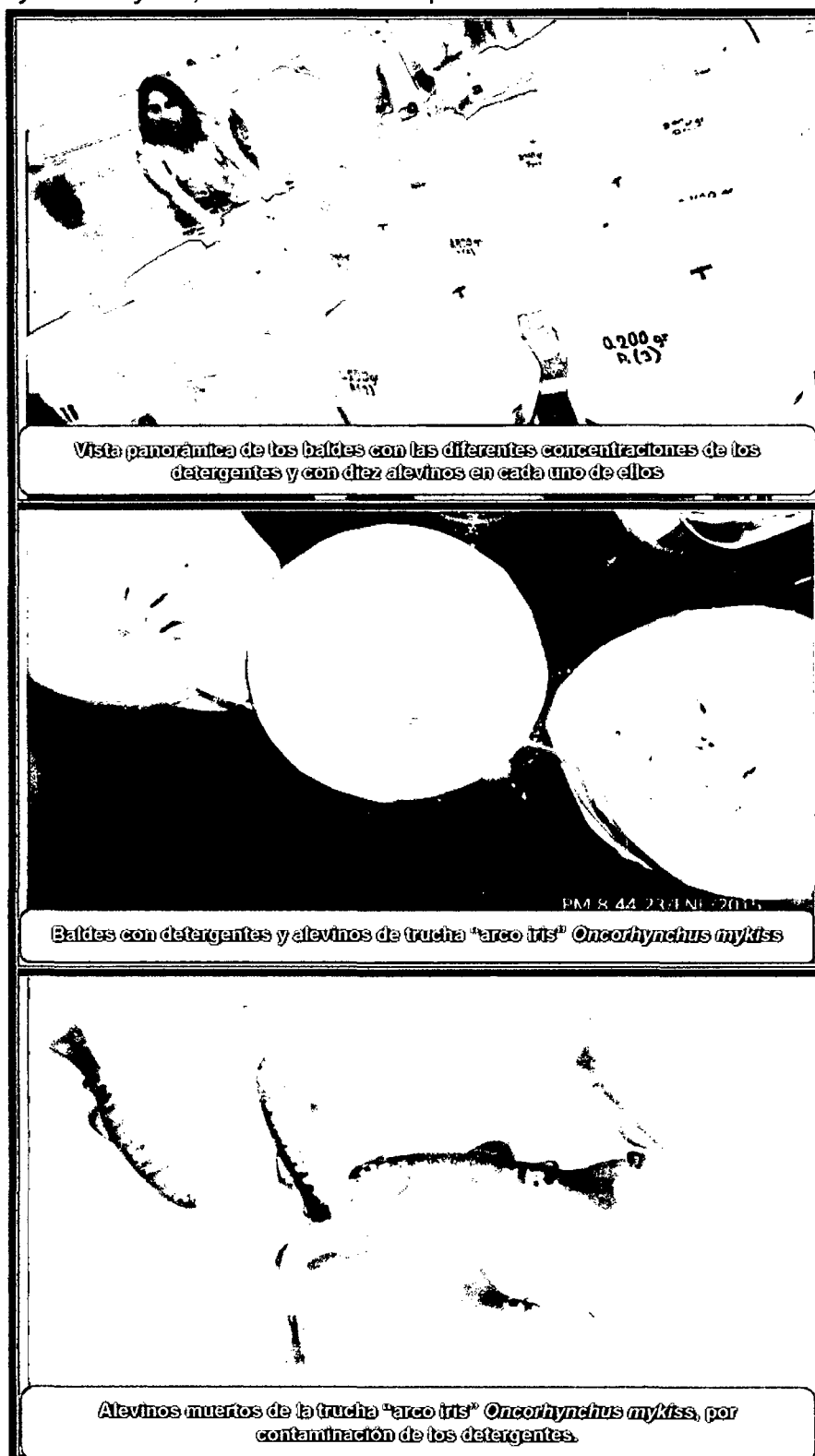


Toma de datos con el equipo multiparametrico (STD, Conductividad, pH, T°)

BIBLIOTECA E INFORMACION
CULTURAL
U.N.S.C.H.

Anexo 18.

Vistas principales de los baldes con diferentes concentraciones de los detergentes, baldes con detergentes y alevinos muertos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, en cada unidad experimental.

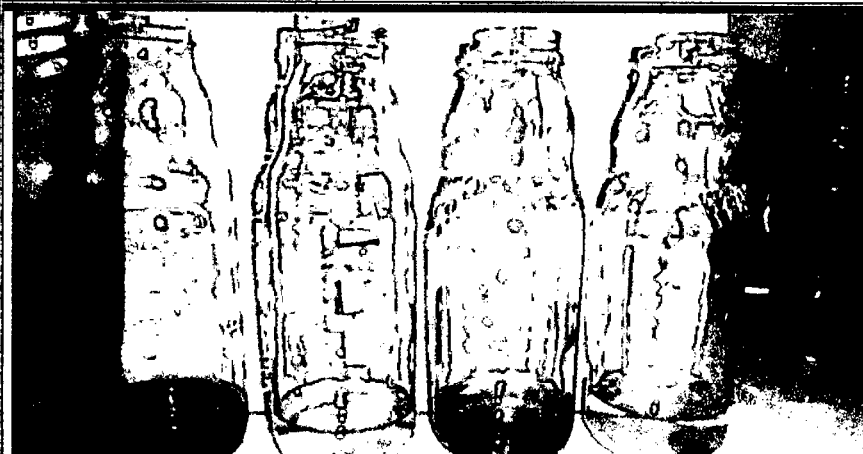


Anexo 19.

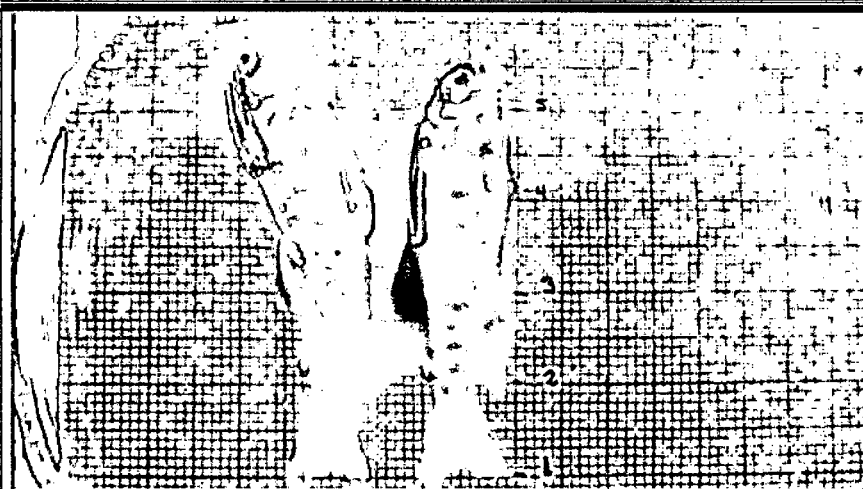
Análisis fisicoquímicos del agua con las diferentes concentraciones de los dos detergentes comerciales utilizados en el experimento.



Realizando el análisis fisicoquímico del agua con las diferentes concentraciones de los detergentes



Análisis fisicoquímico del agua (cloruros, Dureza cálcica, Dureza total, y alcalinidad) realizadas en el laboratorio



Tamaño de los alevinos de trucha utilizados para el experimento

Anexo 20.

Matriz de Consistencia

TITULO: Respuesta toxicológica de alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* frente a dos detergentes comerciales en cuatro concentraciones diferentes. Ayacucho 2014.

AUTOR: Rayme Chalco, Carolina

ASESOR: Carrasco Badajoz, Carlos Emilio

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la respuesta toxicológica de alevinos de trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i> frente a dos detergentes comerciales en cuatro concentraciones crecientes (0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L) en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas), en la ciudad de Ayacucho durante el año 2014?	Objetivos generales: Evaluar la respuesta toxicológica de alevinos de trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i> frente a dos detergentes comerciales a cuatro concentraciones crecientes (0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L) en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas), en la ciudad de Ayacucho durante el año 2014. Objetivos específicos: 1. Determinar el porcentaje de mortalidad de alevinos de trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i>, sometidas a cuatro concentraciones de 0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L de dos detergentes comerciales a 24 y 48 horas de exposición. 2. Calcular la concentración letal media (CL₅₀) de dos detergentes comerciales en dos tiempos de exposición sobre alevinos de trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i>. 3. Comparar la mortalidad y la concentración letal media (CL₅₀) generado por dos detergentes comerciales en dos tiempos de exposición sobre alevinos de trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Contaminación de los ecosistemas acuáticos continentales Toxicidad acuática Bioindicadores Efecto de la contaminación sobre los organismos acuáticos Bioensayos Dosis letal media Determinación de la DL₅₀ y CL₅₀ Detergentes Agentes tensioactivos La trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i> Características de las aguas naturales	Hipótesis generales: A mayor concentración de los dos detergentes comerciales, mayor es la tasa de mortalidad en alevinos de trucha "arco iris" <i>Oncorhynchus mykiss</i> en la ciudad de Ayacucho durante el año 2014. Hipótesis específicos: 1. El porcentaje de mortalidad se incrementa a medida que la concentración de los detergentes también se incrementan. 2. La concentración letal media (CL₅₀) de dos detergentes comerciales disminuye a mayor tiempo de exposición. 3. La mortalidad generada por dos detergentes comerciales son semejantes.	Variable independiente • Detergente comercial Indicador: 02 tipo de detergentes comerciales • Concentración de los detergentes comerciales Indicador: 04 concentraciones (0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L) • Tiempo de exposición al detergente Indicador: 2 tiempos (24 y 48 horas) Variable dependiente • Toxicidad aguda Indicadores: Mortalidad (%) Concentración letal media (CL₅₀) medida como mg/L	Tipo de investigación: Básica Nivel de investigación: Experimental básica Diseño: Experimental Muestreo: Aleatorio Técnicas: Observación Determinación Instrumentos: Observación

Respuesta toxicológica de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* frente a dos detergentes comerciales en cuatro concentraciones. Ayacucho, 2014.

Carolina Rayme Chalco¹; Carlos Emilio Carrasco Badajoz¹

Escuela de Formación Profesional de Biología¹: UNSCH

RESUMEN

Los ecosistemas acuáticos están siendo contaminados por sustancias que el hombre utiliza diariamente, alterando sus características fisicoquímicas naturales y en consecuencia afectando las comunidades biológicas que habitan en ella. Dentro de estas sustancias se encuentran los detergentes, es por ello que, este trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la toxicidad de dos detergentes comerciales (Ariel y Patito), en las concentraciones de 0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L, sobre alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, expuestos durante 24 y 48 horas. El experimento se realizó, en el Parque Zoológico “La Totorilla”, para el cual se construyó 28 unidades experimentales, los que estuvieron constituidos por un balde de plástico en el cual se colocó 10 litros de agua, una fuente de aireación para la oxigenación de agua y 10 alevinos, en los que se preparó las cuatro concentraciones de cada detergente. De los resultados, se observa que el porcentaje de mortalidad son similares en ambos detergentes ($p > 0,05$), mientras que la mortalidad se incrementa significativamente ($p < 0,05$) a medida que se incrementa las concentraciones y el tiempo de exposición, registrándose mayores mortalidades en el detergente Patito. La concentración letal media para el detergente Ariel y Patito fue de 0,345 g/L y 0,267 g/L, respectivamente a 24 horas y de 0,275 g/L y 0,205 g/L a 48 horas, mostrando que la concentración letal media disminuye a medida que el tiempo de exposición se incrementa. Por otro lado, sobre su efecto en las características fisicoquímicas del agua, resalta que en la dureza total, dureza cálcica y dureza magnésica existe diferencia significativa ($p < 0,05$), siendo mayor en los medios con el detergente Patito, mientras que para la alcalinidad, cloruros, pH y conductividad eléctrica, fueron estadísticamente semejantes ($p > 0,05$).

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

SUMMARY

Aquatic ecosystems are being contaminated by substances that man uses daily, altering their natural physicochemical characteristics and thus affect the biological communities that inhabit it. Among these substances are detergents, that is why this research was to determine the toxicity of two commercial detergents (Ariel and Duckling), in concentrations of 0,10; 0,20; 0,30 and 0,40 g/L on trout "rainbow" *Oncorhynchus mykiss* were exposed during 24 and 48 hours. The experiment was conducted at the Zoo "The Totorilla", for which 28 experimental units were built, which they were constituted by a plastic bucket in which 10 liters of water was placed, a source of aeration and oxygenation of water 10 fingerlings, in which the four concentration of each detergent was prepared. From the results, it is observed that the percentage of mortality are similar in both detergents ($p > 0,05$), while mortality was significantly increased ($p < 0,05$) as the concentrations and exposure time increases, registering highest mortality in the detergent Duckling. The median lethal concentration for detergent Ariel and duckling was 0,345 g/L and 0,267 g/L, respectively 24 hours and 0,275 g/L and 0,205 g/L to 48 hours, showing that the median lethal concentration decreases as the exposure time increases. On the other hand, on its effect on the physicochemical characteristics of the water, it notes that in the total hardness, calcium hardness and magnesium hardness there are significant differences ($p < 0,05$) was higher in media with detergent Duckling, while for alkalinity, chloride, pH and electrical conductivity they were statistically similar ($p > 0,05$).

Key words: Toxicity, detergents, *Oncorhynchus mykiss*.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos, lamentablemente, desde la antigüedad han sido empleados como basureros, intensificándose este aspecto en la actualidad. Esto trae como consecuencia alteraciones en las características fisicoquímicas naturales de las aguas de ríos y lagunas, los que son determinantes en el cambio de las características naturales de las comunidades biológicas que en ella habitan.

Las principales causas de la contaminación de los ecosistemas acuáticos es la introducción de los detergentes, provenientes de la actividad antrópica ya que son utilizados de manera masiva para eliminar la suciedad de los materiales e indumentarias que emplea el hombre, estos detergentes están constituidos de agentes tensioactivos que tienen la capacidad de eliminar la suciedad y de disminuir la dureza del agua además de generar otros efectos negativos que tienen consecuencias letales sobre la mayoría de los seres vivos, por el contrario, el fitoplancton en algunos casos se ven beneficiados.

Una de las formas más comunes para detectar las alteraciones es mediante la caracterización fisicoquímica del agua, sin embargo este método puede dar resultados engañosos debido a la deriva de su corriente de agua, determinado que su calidad varíe temporalmente. El efecto negativo de la caracterización fisicoquímica implica estudios ecotoxicológicos que determina los efectos de las concentraciones crecientes de los compuestos de los detergentes generando información de la concentración máxima permisible en los cuerpos de agua, sin que cause daño significativo a los organismos acuáticos.

El empleo de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* como organismo de prueba, para el estudio del efecto de los detergentes, se fundamenta en que los salmónidos son peces estrictos en cuanto a la calidad de su hábitat y son poco adaptables a un entorno alterado, restringiendo su existencia a aguas que no sufren contaminación de ninguna naturaleza, además de la disponibilidad de individuos durante casi todo el año, y que sus características biológicas son plenamente conocidas.

Teniendo en cuenta lo antes señalado, se planteó el presente trabajo con la finalidad de conocer el efecto toxicológico de dos detergentes comerciales y de determinar la concentración letal media sobre trucha “arco

iris” *Oncorhynchus mykiss*, experimento que se realizó en las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla”, teniendo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la respuesta toxicológica de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* frente a dos detergentes comerciales en cuatro concentraciones crecientes (0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L) en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas), en la ciudad de Ayacucho durante el año 2014.

Objetivos específicos

1. Determinar el porcentaje de mortalidad de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, sometidas a cuatro concentraciones de 0,10; 0,20; 0,30 y 0,40 g/L de dos detergentes comerciales a 24 y 48 horas de exposición.
2. Calcular la concentración letal media (CL_{50}) de dos detergentes comerciales en dos tiempos de exposición sobre alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*.
3. Comparar la mortalidad y la concentración letal media (CL_{50}) generado por dos detergentes comerciales en dos tiempos de exposición sobre alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población

Dos detergentes comerciales (detergente Ariel y detergente Patito) expendidos en la ciudad de Huamanga.

Muestra

Cada detergente comercial con 100 g (detergente Ariel y detergente Patito).

Unidad experimental

Baldes de 20 litros de capacidad, conteniendo 10 litros agua con 10 unidades de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*.

Sistema de muestreo

El sistema de muestreo a través del que se seleccionó la cantidad de detergente a emplear fue aleatorio, del que a partir del contenido de una bolsa de detergente se tomó 100 g. del producto.

Por otro lado, con la finalidad de también darle aleatoriedad a la disposición de las unidades experimentales, se sorteó la posición en la fila y la columna en el conjunto de los baldes con alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*.

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 y 48 horas de exposición en las soluciones de diferentes concentraciones de los dos detergentes.

Procedencia de los alevinos de trucha “arco iris” *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 nor-este de la ciudad de Ayacucho, los cuales fueron transportados a las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla” y estabulado en un tanque de fibra de vidrio hasta antes de la prueba de toxicidad. Dichos alevinos son provenientes a partir de ovas importadas de Norteamérica, las que tuvieron una edad de 30 días luego de haber absorbido su saco vitelino con un tamaño y peso aproximado de 5 cm y 2,05 g en promedio respectivamente.

Aclimatación de la trucha

Una vez arribado los alevinos de trucha al Parque Zoológico “La Totorilla” fueron aclimatados a las condiciones ambientales reinantes en el lugar por un tiempo de 7 días, para el cual se estabularon en los tanques de fibra de vidrio de 2500 L, las que anticipadamente fueron limpiadas y desinfectadas para eliminar los residuos que se depositaron en el fondo. Durante el periodo de aclimatación los alevinos estuvieron alimentados con una ración balanceada, suspendiendo la misma 24 horas antes de efectuarse el experimento para evitar que las excretas producidas interfiera en los resultados del experimento.

Preparación de las soluciones de detergentes (Ariel y Patito)

Se tuvo que probar diferentes concentraciones antes del experimento, ya que las concentraciones mencionadas en el proyecto de investigación no presentaron los resultados que se esperaba. Por ello se realizó pruebas piloto, a partir de los cuales se determinó las concentraciones. Por otro lado se consideró que los tratamientos estuvieran constituidos por recipientes conteniendo cuatro concentraciones crecientes de cada detergente (detergente Ariel y Patito) más un testigo, para obtener resultados que represente mejor los hallazgos.

Se consideró dos grupos similares de unidades experimentales, siendo uno de ellos constituida por recipientes conteniendo las soluciones de detergente Ariel y otro grupo con soluciones de detergente Patito.

Las soluciones de los detergentes estuvieron preparados en las concentraciones señaladas una hora antes de iniciar el bioensayo.

Preparación de las unidades experimentales

Se consideró 28 unidades experimentales constituidas por baldes de plásticos de 20 L de capacidad, en los cuales se colocaron 10 L de agua con la respectiva concentración del detergente y 10 alevinos (número recomendado para estudios de toxicidad en la que se emplea como modelos a organismos como insectos, anfibios y peces).

El experimento fue realizado sin el ingreso de agua constantes, por lo que a cada unidad experimental se colocó una manguerita de silicona (tipo acuario) con la finalidad de ingresar aire (para la oxigenación del agua) el que se generó a partir de dos bombas de aire. 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 al cual solo tuvo acceso el personal investigador.

Cabe señalar que, se considera la existencia de cuatro concentraciones por cada tratamiento.

Recolección de datos

Una vez preparado las unidades experimentales con los diferentes detergentes y concentraciones (que aproximadamente fue a las 19 horas), se estabularon en cada una de ellas, diez alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, labor que se prolongó hasta aproximadamente las 20 horas donde se registró la temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales de las aguas contenidas en cada unidad experimental. Así mismo, se consideró la hora mencionada como el inicio del proceso experimental, a partir del cual se realizaron las inspecciones cada 12 horas, considerándose como primera lectura la que se realizó a las 8 horas del día siguiente, con la finalidad de determinar el número de alevinos muertos en cada balde, para el cual con la ayuda de unas brochetas se tocaron aquellos alevinos inmóviles, si en el caso de seguir inmóvil, fueron considerados como muertos y extraídos de las unidades experimentales, las inspecciones se realizaron con el mismo procedimiento a las 12, 24, 36 y 48 horas.

Tipo de investigación

El tipo de investigación realizado fue básica – experimental

Análisis estadístico

Se construyó 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 ocho tratamientos (dos detergentes probados en cuatro concentraciones crecientes) más un testigo, se empleó el análisis de Kruskal-Wallis.

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

RESULTADOS

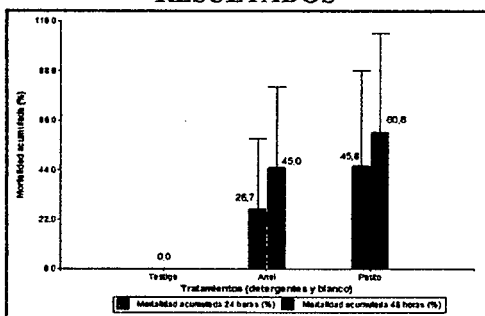
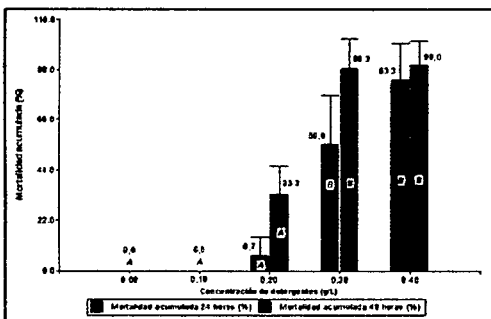
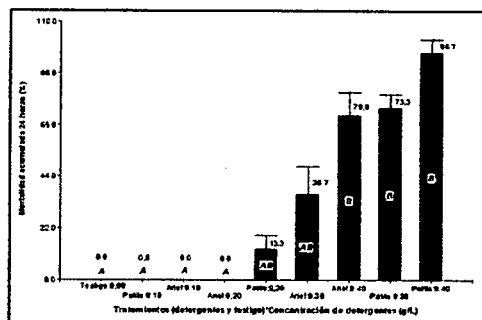


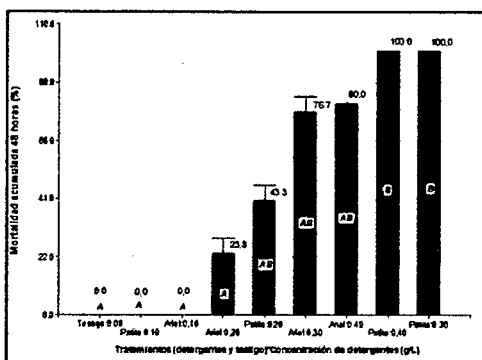
Figura 1. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* a las 24 y 48 horas de exposición en dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.



A y B: categorías asignadas por la prueba estadística
Figura 2. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* a las 24 y 48 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.



A, AB y B: categorías asignadas por la prueba estadística
Figura 3. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* registrados a las 24 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.



A, AB y B: categorías asignadas por la prueba estadística
Figura 4. Porcentaje de mortalidad acumulada (media + desviación estándar) de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* a las 48 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Ayacucho, 2014.

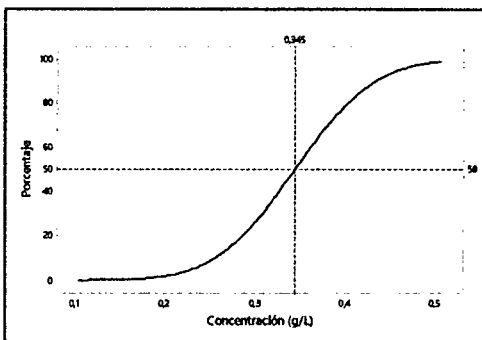


Figura 5. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Ariel y el valor de la concentración letal media (CL₅₀) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2014.

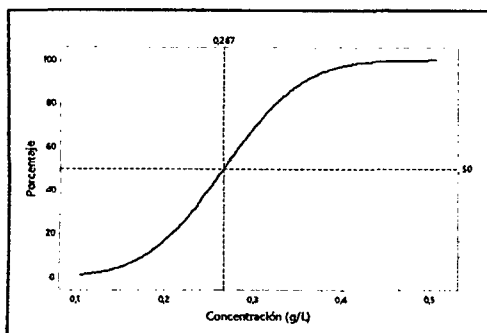


Figura 6. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Patito y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2014.

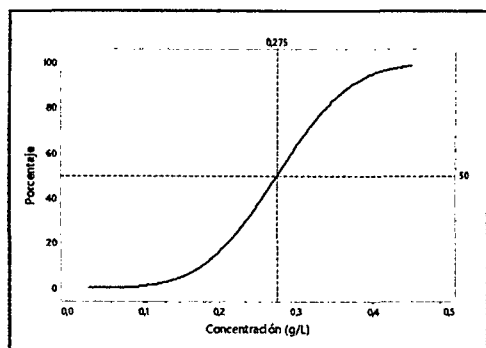


Figura 7. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Ariel y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2014.

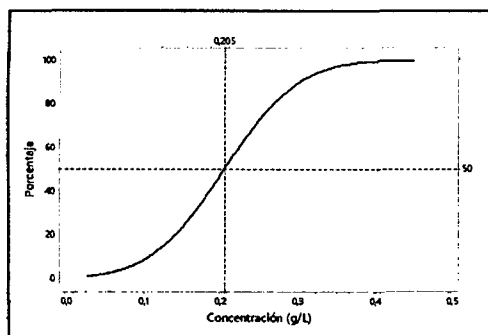


Figura 8. Tendencia de mortalidad acumulada teórica (probit) de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Patito y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2014

Tabla 1. Valores de la Concentración Letal Media (CL_{50}) y los intervalos de confianza a las 24 y 48 horas de exposición para los detergentes Ariel y Patito. Ayacucho, 2014.

Tratamientos. (detergente)	Tiempo (horas)	CL_{50}	I.C (95%)	
			Inf.	Sup.
Ariel	24	0,345	0,323	0,370
	48	0,275	0,252	0,298
Patito	24	0,267	0,245	0,291
	48	0,205	0,181	0,231

CL_{50} : Concentración Letal Media

Tabla 2. Características fisicoquímicas del agua de dos tratamientos basados en dos detergentes comerciales más un testigo. Ayacucho, 2014

Características fisicoquímicas	TRATAMIENTO (tipo de agua)						Kruskal-Wallis (p)
	Ariel		Patito		Testigo		
	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	
Alcalinidad (mg/L)	191,0	10,2	197,0	6,7	187,5	0,7	0,149
Dureza total (mg/L)	285 (A)	6,7	308,5 (B)	7,2	297 (AB)	1,4	0,001
Dureza cálcica (mg/L)	178,6 (A)	10,8	217,5 (B)	17,4	173 (A)	1,4	0,002
Dureza magnésica (mg/L)	106,3 (AB)	13,2	91 (A)	16,1	124 (B)	0,0	0,034
Cloruros (mg/L)	28,4	2,3	27,3	3,2	26,5	0,7	0,577
pH	8,9	0,1	8,9	0,1	8,9	0,0	0,484
Cond. Eléct. (uS/cm)	716,8	17,2	722,3	19,5	687,5	0,7	0,066

DISCUSIÓN

En la figura 1, se observa el porcentaje de mortalidad acumulada de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* registrados a las 24 y 48 horas de exposición al detergente Ariel y detergente Patito y un testigo. En términos generales resalta que los valores de mortalidad a las 24 y 48 horas de ambos detergentes, son similares; así a las 24 horas registra mortalidades promedios de 26,7% y 45,8% respectivamente, mientras que a las 48 horas registra 45,0% y 60,8%, también es de notar que en los blancos no se registró mortalidad alguna en los dos tiempos de exposición. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (se empleó esta prueba debido a que los datos no mostraron distribución normal), no se halló significancia estadística ($p > 0,05$) por lo que la mortalidad generada por cada detergente, son estadísticamente similares. Lo hallado se debe a que ambos detergentes tienen una

estructura molecular similar, ya que pertenecen al grupo de Sulfonato Alquilbenceno Lineal (Ariel con el compuesto básico dodecil benceno sulfonato de sodio DBSS y Patito con el compuesto básico alquil aril sulfonato de sodio AASS). El grupo de detergente señalado es utilizado principalmente en forma de sales sódicas y ocasionalmente potásicas o aniónicas. Su utilización está ligada a su gran poder espumante, solubilidad en agua, elevada biodegradabilidad y bajo coste de producción; por otro lado, al tener un carácter anfótero, facilita su acumulación en los organismos vivos, causando efectos indeseables como la modificación de la estructura de las proteínas, mal funcionamiento en las enzimas en las membranas fosfolipídicas y como consecuencia de ello efectos tóxicos en los órganos, pudiendo ocasionar la muerte en los seres vivos.¹

En la figura 2, se muestra el porcentaje de mortalidad acumulada de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss*, registrados a las 24 y 48 horas de exposición en cuatro concentraciones crecientes de dos detergentes comerciales. Se observa en la dos marcas de detergentes, que la mortalidad a las 24 horas se incrementa a medida que las concentraciones de los detergentes también se incrementen, es así que a una concentración de 0,10 y 0,20 g/L se registra mortalidades de 0,0 y 6,7%, para Ariel y Patito, respectivamente, mientras para las concentraciones de 0,30 y 0,40 g/L se registra mortalidades de 55,0% y 83,3% respectivamente; semejante comportamiento se puede observar en las mortalidades registradas a las 48 horas, donde a las concentraciones de 0,10 y 0,20 g/L se tuvo mortalidades de 0,0 y 33,3% respectivamente, mientras que para las concentraciones de 0,30 y 0,40 g/L, las mortalidades fueron de 83,3% y 90,0% respectivamente. Resalta el hecho de que, en el testigo no se registró mortalidad, lo que indica que la mortalidad de alevinos en el experimento fue por la presencia de los detergentes. Al realizar la prueba estadística de Kruskal-Wallis para comparar la mortalidad registrada en las diferentes concentraciones, tanto a 24 y 48 horas de exposición, se halló significancia estadística ($p < 0,05$); esto nos permite afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados difieren según la concentración de los

detergentes en la unidades experimentales. Al realizar la jerarquización en función de la magnitud de la mortalidad, las concentraciones de los detergentes de 0,10 y 0,20 g/L originaron menor mortalidad en los alevinos en comparación con las concentraciones de 0,30 y 0,40 g/L, siendo estas últimas, similares entre sí. El resultado descrito, claramente nos indica que al haber una mayor concentración del detergente en el medio donde se hallan los alevinos, mayor es el efecto negativo, produciendo mayor mortalidad, esto debido a que los detergentes afectan directamente las branquias, resultados que coinciden con León,² es importante señalar que por su naturaleza tensioactiva, los detergentes causan disrupción de la membrana celular incrementando su permeabilidad, tal como lo menciona Murray *et al.*,³ Así mismo, se ha podido observar que a mayor concentración de los detergentes, mayor es la cantidad de espuma que se forma en la superficie, afectando negativamente los receptores celulares de las estructuras branquiales, los que tienen como función principal el intercambio de oxígeno, ocasionando consecuentemente la asfixia en los alevinos.

En la figura 3, se muestra el porcentaje de la mortalidad acumulada de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* registrados a las 24 horas de exposición de los detergentes Ariel y Patito en las cuatro concentraciones. Se observa que el porcentaje de mortalidad se incrementa a medida que la concentración de los detergentes aumenta, siendo similar el comportamiento en el detergente Ariel y Patito. Tal es así que, las concentraciones de detergentes en donde se registró menor mortalidad a las 24 horas son las de menores concentraciones tanto en las soluciones con detergente Ariel y Patito, así por ejemplo para la concentración de 0,10 g/L, no se registró mortalidad, en ambos detergentes, al igual que la concentración de 0,20 g/L del detergente Ariel. De igual manera se observa que a mayor concentración de detergentes en las unidades experimentales, mayor es el porcentaje de mortalidad, así para una concentración de 0,30 g/L del detergente Patito y 0,40 g/L de para Ariel, alcanzaron mortalidades de 73,3%, 70,0% respectivamente. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, se halló se halló significancia estadística ($p < 0,05$), entre los tratamientos producto de la combinación de

detergente Ariel y Patito con cuatro concentraciones probadas, por lo que podemos afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados son diferentes en los medios con diferente concentración y distintos detergentes. Al realizar la categorización en función a la mortalidad registrada, se observa que las concentraciones de 0,10 y 0,20 g/L de Ariel y la concentración 0,10 g/L del detergente Patito originaron menores mortalidades en los alevinos, mientras que las concentraciones de Patito 0,30 y 0,40 g/L del detergente Patito y la concentración de 0,40 g/L de Ariel, generaron mayor mortalidad, siendo a la vez estos similares entre sí. El resultado descrito probablemente, se debe a que ambos detergentes presentan diferentes compuestos básicos, tal es el caso del detergente Patito que contienen el alquil aril sulfonato de sodio (AASS) y Ariel que contiene el dodecil benceno sulfonato de sodio (DBSS), estos compuestos son tóxicos en los órganos de los seres vivos, en especial en los primeros estadios de los peces, sobre todo en larvas y alevinos ya que son especialmente delicadas y sensibles a los detergentes.⁴ En el experimento se observó que los alevinos presentaban aceleración de la actividad natatoria y comportamientos propios a la falta de oxígeno (boqueo, mayor actividad opercular y nado errático) y posteriormente la muerte, lo descrito coincide con Malagrino y Rocha,⁵ quienes observaron en *Poecilia reticulata* y *Poecilia vivipara* que al ser expuestos a detergentes lineales (LAS) presentaban daño significativo a nivel de branquias al ser removido la mucosidad protectora que poseen, concluyendo al igual que Anunobi *et al.*,⁶ quienes indican que las branquias son las primeras estructuras afectadas por acción de los detergentes.

En la figura 4, se muestra el porcentaje de la mortalidad acumulada de alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* registrados a las 48 horas de exposición de los detergentes Ariel y Patito en las cuatro concentraciones. Tal como se había señalado anteriormente, se observa que la mortalidad se incrementa a medida que la concentración de los detergentes aumenta, siendo este comportamiento similar tanto en el detergente Ariel y Patito; así en el caso de la concentración de 0,10 g/L no se registró mortalidad alguna para ambos detergentes, siendo a partir de la concentración de 0,20 g/L en donde se presenta mortalidad

acumulada con valores de 23.3% y 43.3% para Ariel y Patito respectivamente. Por otro lado, resalta el hecho de que a una concentración de 30 g/L para el detergente Patito y de 40 g/L para Ariel, se registra mortalidades del 100%. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las mortalidades acumuladas de los combinaciones de los dos detergentes y las cuatro concentraciones, se halló significancia estadística ($p < 0,05$). Lo que se interpreta que los porcentajes de mortalidad registrados son diferentes en los medios probados con diferente concentración y diferentes detergentes. Al realizar la categorización en función de los valores promedios de mortalidad registrados, las concentraciones de 0,10 y 0,20 g/L de Ariel y la concentración de 0,10 g/L del detergente Patito, originaron menor mortalidad en los alevinos, mientras que las mayores concentraciones del detergente Patito (0,30 y 0,40 g/L) originaron mayor mortalidad, siendo estadísticamente similares a los tratamientos de Ariel con las concentraciones de 0,40 y 0,30 g/L. El resultado se debe a que el compuesto principal es diferente en ambos detergentes, es importante mencionar que el efecto tóxico es diferente en cada caso (concentraciones). Sin embargo ambos detergentes pertenecen al grupo LAS (Sulfonato Alquilbenceno Lineal, ya que es fácil de biodegradar), siendo similar la toxicidad de ambos detergentes. Buhl y Hamilton,⁷ concluyen en que los valores dispares de toxicidad de los detergentes en los alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* está relacionada a las diferencias en composición de las mezclas de los detergentes estudiados. Además la composición de los detergentes utilizados no es del todo conocida.

En la figura 5, se muestra la tendencia de mortalidad acumulada teórica de los alevinos de trucha “arco iris” *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Ariel y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 24 horas de exposición. Se observa que a menores concentraciones del detergente, la mortalidad es mínima hasta llegar a valores entre 0,2 y 0,3 g/L, en donde se incrementa notablemente. También se observa que a una concentración de 0,346 g/L del detergente, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Ariel, mueren a las 24 horas de exposición.

En la figura 6, se observa la tendencia de la mortalidad acumulada teórica de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentración del detergente Patito, y el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 24 horas de exposición. Se observa que la mortalidad se incrementa a medida que la concentración del detergente también se incrementa. Se observa también que a una concentración de 0,268 g/L del detergente, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Patito, mueren a las 24 horas de exposición.

En la figura 7, se muestra la tendencia de mortalidad acumulada teórica de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en función de las concentraciones del detergente Ariel, así como el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición. Al igual como en los casos anteriores, se observa que son mínimas las mortalidades a menores concentraciones del detergente, hasta llegar a valores entre 0,1 y 0,2 mg/L donde se incrementa notablemente. También se observa que a una concentración de 0,275 g/L del detergente, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Ariel, mueren a las 24 horas de exposición.

En la figura 8, se observa la tendencia de la mortalidad acumulada teórica de los alevinos de trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* en relación con las concentraciones crecientes del detergente, también es posible observar el valor de la concentración letal media (CL_{50}) a las 48 horas de exposición en el detergente Patito. Se observa que la mortalidad se va incrementando notablemente, de acuerdo al incremento de las concentraciones. También se observa que a una concentración de 0,206 g/L del detergente, teóricamente el 50% de los alevinos sometidos a la acción de Patito, mueren a las 24 horas de exposición.

En la tabla 1, se muestra los valores de las concentraciones letales medias (CL_{50}) con sus intervalos de confianza a las 24 y 48 horas de exposición para los detergentes Ariel y Patito. De acuerdo a los valores hallados se puede apreciar que para Ariel las concentraciones letales medias son ligeramente superiores al del detergente Patito, tanto a 24 y 48 horas de exposición; así a las 24 horas, se tiene un valor de 0,345 g/L para Ariel y de 0,267 g/L para Patito. Por otro lado es de notar que a mayor horas de exposición, la concentración letal media (CL_{50}) disminuye en ambos detergentes, así

para Ariel a las 24 horas, el CL_{50} es de 0,346 g/L y a las 48 horas de exposición es de 0,275 g/L; mientras que para Patito se registró valores de 0,267 y de 0,205 g/L para las 24 y 48 horas de exposición. Los resultados hallados son congruentes con lo manifestado anteriormente, donde el detergente Patito originó mortalidades ligeramente superiores a Ariel; sin embargo dicha diferencia no fue estadísticamente significativa, 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} disminuyen (esta tendencia se observa en ambos detergentes), lo que se interpreta que, cuanto más es el tiempo de exposición a una sustancia tóxica, mayor efecto tóxico causa.

En la tabla 2, se observa los valores promedios de las principales características fisicoquímicas del agua contenida en los diferentes tratamientos (combinaciones de dos detergentes comerciales y cuatro concentraciones) y un testigo. Resalta que a nivel de la dureza total, dureza cálcica y dureza magnésica existen grandes fluctuaciones en comparación con el testigo; así en el testigo (solo agua) se registró un valor promedio de 297 mg/L para dureza total, mientras que en los tratamientos que contienen Ariel mostraron valores ligeramente inferiores con valor promedio de 285 mg/L, siendo este efecto contrario en los tratamientos que contienen Patito los que incrementaron a 308,5 mg/L. La dureza total, cálcica y magnésica son las únicas características fisicoquímicas que estadísticamente son diferentes al comparar los dos detergentes, siendo mayor los valores en el detergente Patito en comparación al testigo pese a que se supone que dichos productos tienen la propiedad de bajar la dureza; al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, se halló significancia estadística ($p < 0,05$), siendo estadísticamente mayor los tratamientos en el que está presente el detergente Patito en comparación con Ariel. Con respecto a la conductividad eléctrica, se observa que en los tratamientos en el que está presente el detergente Ariel y Patito, incrementan sus valores en comparación con el testigo, lo que nos estaría indicando que los detergentes presentan compuestos que se ionizan al contacto del agua; sin embargo al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, no se halló significancia estadística ($p > 0,05$), al

igual que en la características de alcalinidad total, en la concentración de cloruros y pH. Estos resultados está relacionado a las diferencias en composición de las mezclas de los detergentes estudiados, ocasionando mayor dureza en el detergente Patito en comparación con el testigo y menor dureza con el detergente Ariel, registrando mayores mortalidades en los tratamientos con agua más dura debido a que contienen mayores concentraciones de cationes de calcio y magnesio, ya que son los responsables del agua dura y de hacer menos soluble a los detergentes y por lo tanto más tóxicos por permanecer inertes en el agua, ocasionando mayor toxicidad en los alevinos.² Con respecto a las otras características físicoquímicas del agua de cultivo en cuanto al detergente Ariel se hallan en el límite de tolerancia de dichos animales, y en el detergente Patito sobre pasa los rangos de tolerancia generando un mayor porcentaje de mortalidad, ya que la trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, presenta valores muy estrechos de tolerancia a las características de su hábitat, por lo mismo es muy empleado como indicador y buen modelo biológico en los estudios toxicológicos de sustancias contaminantes del agua.⁸

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sánchez Peinado M del M. Efectos biológicos de los sulfonatos de alquibenceno lineal (LAS) en suelo agrícola: Biotransformación y estudios de biodiversidad. [Internet] [Tesis Doctoral]. [Granada]: Universidad de Granada; 2007. Disponible en: 978-843384382-1
2. León Llanos MA. Efecto ecotoxicológico de los detergentes biodegradables en la trucha "arco iris" *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), en El Centro Piscícola "El Ingenio"-Huancayo [Tesis Pregrado]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2006.
3. Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil PA. Harper. Bioquímica ilustrada. 28ª ed. México: McGraw-Hill, Intermamericana Editores; 2013. 699 p.
4. Sales D, Perales JA, Manzano MA, Quiroga JM. Biodegradación tensioactivo aniónico en agua de mar. Boletín Inst Esp Oceanogr. 1999; 1(15): 517-22.
5. Malagrino W, Rocha AA. Estudio comparativo de la acción tóxica de un detergente biodegradable en *Poecilia reticulata* y *Poecilia vivipara* (Pisces: Poeciliidae). Rev DAE. 1987 Mar; 47(148): 86-91.
6. Okoli Anunobi CAIN, Ufodike EBC, Chude LA. Los efectos letales del detergente, Elefante Blue® en la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). Rev Cienc Acuát. 2004 Mar 1; 17(2): 95-8.
7. Buhl KJ, Hamilton SJ. Toxicidad aguda del Fuego-control Químicos, Productos químicos nitrogenados y surfactantes a la trucha arco iris. Transacciones Soc Am Pesq. 2000; 129(2): 408-18.
8. Cachafeiro Blanco C. La trucha: cría industrial. España: Mundi Prensa Libros S.A.; 1984. 503 p.