

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación ecotoxicológica mediante bioensayo con *Daphnia pulex* en sedimentos del río Suches, Cojata frontera Perú – Bolivia, 2019

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:

Bach. Bethy Andy Mamani Villalba

Asesor:

Mg. Efraín Velásquez Mamani

Juliaca, junio del 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

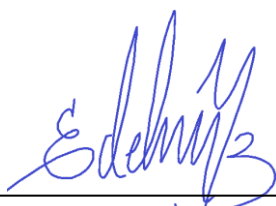
Efraín Velásquez Mamani, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “**EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA MEDIANTE BIOENSAYO CON *DAPHNIA PULEX* EN SEDIMENTOS DEL RÍO SUCHES, COJATA FRONTERA PERÚ – BOLIVIA, 2019**” constituye la memoria que presenta la Bachiller Bethy Andy Mamani Villalba para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 25 días del mes de junio del año 2020.



Mg. Efraín Velásquez Mamani
Asesor



081

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 22 día(s) del mes de junio del año 2020, siendo las 14:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera, el secretario: MSc. Rose Sdeline Ballata Chura y los demás miembros: MSc. Joel Balla Balla y el asesor Mg. Efrain Velasquez

Mamani con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación ecotoxicológica mediante bioensayo con Daphnia pulex en sedimentos del río Suches, Cajata frontera Perú-Bolivia, 2019"

de el(los)/a(las) bachiller(es): a) Bethy Andy Mamani Villalba b)

conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental (Nombre del Título Profesional)

con mención en

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Bethy Andy Mamani Villalba

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy bueno	Sobresaliente

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Signature]
Presidente

[Signature]
Secretario

Asesor

Miembro

Miembro

DEDICATORIA

Al ángel que me acompaña, cuida y protege desde el cielo.

A mi madre: Sonia Villalba Porto por su sacrificio y amor incondicional.

A mis abuelos: Vicente Villalba Condori y Máxima Porto Huasco, por su altruismo, dádiva y apoyo espiritual, ya que gracias a ellos mis metas se lograron concretar.

A mis tíos: Ruth Villalba, Cesar Villalba, Harold Villalba por la confianza, paciencia y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud eterna a Dios, por su amor, protección, sabiduría y entendimiento; por ampararme en sus manos de gracia y amor en momentos de dificultad.

Al Instituto del Mar del Perú dirigido por el Blgo. César Gamarra, en especial al Ing. Humberto Ciguayro y al Ing. Glicerio por su apoyo en la ejecución de la presente investigación y también por las enseñanzas impartidas.

Al Sr. José Suxo Portada ex-regidor de la Municipalidad Distrital de Cojata por su tiempo y apoyo en la ejecución de la presente investigación en el área de estudio.

A mi Docente y amigo, Blgo. Iván Biamont por el apoyo incondicional a lo largo del desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la Mg. Magaly A. Broussett Minaya por haber sido un ejemplo de superación y haber impartido nuevos conocimientos en el campo de la investigación científica.

Al Ing. Delbert E. Condori Moreno por las enseñanzas y apoyo durante mi etapa universitaria.

A la maestra Brígida Calsin Quinto por su aporte en la redacción de la presente investigación.

Finalmente agradecer a amigos, docentes y personas quienes contribuyeron al desarrollo de la presente investigación y me acompañaron en el proceso de formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPITULO I.....	18
EL PROBLEMA	18
1.1 Identificación del problema.....	18
1.2 Justificación.....	19
1.3 Presuposición filosófica	20
1.4 Objetivos de la Investigación.....	21
1.4.1 Objetivo General	21
1.4.2 Objetivos Específicos	21
CAPITULO II.....	22
REVISIÓN DE LA LITERATURA	22
2.1 Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2 Antecedentes nacionales	25
2.2 Revisión de la literatura	26
2.2.1 La minería	26
2.2.2 Contaminación del río Suches	27
2.2.3 Ecosistema acuático.....	27
2.2.4 Sedimentos como Ecosistema.....	29
2.2.5 Toxicología.....	30
2.2.6 Ecotoxicología	30
2.2.7 Bioensayos o Pruebas de Toxicidad.....	31
2.2.8 <i>Daphnia pulex</i>	31
2.2.9 Bioensayo con <i>Daphnia</i>	32
2.2.10 Cálculo de las Unidades y niveles de toxicidad.....	33
2.3 Marco normativo	34
2.3.1 Constitución Política del Perú 1993.....	34
2.3.2 Ley General del Ambiente - Ley 28611	34
2.3.3 Ley de recursos hídricos - Ley 29338	34

2.3.4	Líneas guía sobre la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática	34
2.4	Marco conceptual.....	35
2.4.1	Aclimatación	35
2.4.2	Agua desionizada.....	35
2.4.3	Agua dura reconstituida o de dilución	35
2.4.4	Agua intersticial	35
2.4.5	Cladócera.....	36
2.4.6	Concentración Letal media (CL50)	36
2.4.7	Dáfnidos.....	36
2.4.8	Dureza.....	36
2.4.9	Efecto agudo	36
2.4.10	Efecto crónico.....	36
2.4.11	Elutreado	36
2.4.12	Extracto	37
2.4.13	Fotoperiodo	37
2.4.14	Inmovilidad	37
2.4.15	Ictiofauna	37
2.4.16	Neonatos	37
2.4.17	Prueba de toxicidad (bioensayos de toxicidad)	37
2.4.18	Tiempo de exposición.....	37
2.4.19	Toxicidad	37
2.4.20	Toxicidad aguda.....	38
2.4.21	Tóxico.....	38
2.4.22	Tóxico de referencia	38
2.4.23	Toxicología acuática.....	38
2.4.24	Unidades de toxicidad	38
	CAPITULO III.....	39
	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1	Ámbito de estudio	39
3.2	Muestras	41
3.3	Equipos materiales e insumos.....	41
3.3.1	Equipos.....	41

3.3.2	Materiales e insumos.....	41
3.4	Metodología experimental	43
3.4.1	Fase 1 – Trabajo de Campo Exploración del área de estudio.....	43
3.4.2	Fase 2 – Trabajo de Campo obtención de muestras	43
3.4.3	Fase 3 - Trabajo de Laboratorio Bioensayo de Toxicidad Aguda	45
3.5	Variables de Estudio.....	56
3.5.1	Variables Independientes o Causales.....	56
3.5.2	Variables Intervinientes o Desconcertante	56
3.5.3	Variables Dependientes o Efecto	57
3.6	Formulación de hipótesis.....	57
3.7	Estudio y diseño de investigación	57
3.7.1	Diseño del experimento	58
3.7.2	Análisis estadístico probit.....	58
CAPITULO IV		60
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		60
4.1	Resultados	60
4.1.1	Fase 1 – Trabajo de Campo Exploración del área de estudio.....	60
4.1.2	Fase 2 – Trabajo de Campo obtención de muestras: Análisis de Metales pesados	62
4.1.3	Fase 3 - Trabajo de Laboratorio Bioensayo de Toxicidad Aguda	76
4.2	Discusión.....	82
CAPITULO V		84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		84
4.3	Conclusiones.....	84
4.4	Recomendaciones	86
REFERENCIAS		87
ANEXOS.....		99

Índice de tablas

Tabla 1. Jerarquía Taxonómica.	32
Tabla 2. Condiciones recomendadas para las pruebas con Daphnia.....	33
Tabla 3. Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática ISQG y PEL.....	35
Tabla 4. Nivel de Toxicidad basado en Unidades Tóxicas.....	33
Tabla 5. Puntos de muestreo de sedimentos en la cuenca del río Suches.....	44
Tabla 6. Preparación de tratamientos y bioensayos preliminares	51
Tabla 7. Preparación de tratamientos de la MuSe-01 en la Laguna Suches	52
Tabla 8. Preparación de tratamientos de la MuSe-02, aguas abajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu.	52
Tabla 9. Preparación de tratamientos de la MuSe-03, aguas abajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma..	53
Tabla 10. Preparación de tratamientos de la MuSe-05, intercuenca del río Suches Hito 8.....	53
Tabla 11. Resultados de análisis de metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Suches.....	63
Tabla 12. Resultados de análisis de metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Suches.....	63
Tabla 13. Resultados de análisis de metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Suches.....	63
Tabla 14. Resultados de parámetros físico químicos de los tratamientos de elutreados a los que fueron expuestos los organismos de prueba	72
Tabla 15. Comparación de resultados del MuSe-01 con las Líneas Guía sobre la Calidad de los Sedimentos por la Protección de la Vida Acuática.	73
Tabla 16. Comparación de resultados del MuSe-03 con las Líneas Guía sobre la Calidad de los Sedimentos por la Protección de la Vida Acuática.....	73
Tabla 17. Comparación de resultados del MuSe-04 con las Líneas Guía sobre la Calidad de los Sedimentos por la Protección de la Vida Acuática.	74
Tabla 18. Comparación de resultados del MuSe-05 con las Líneas Guía sobre la Calidad de los Sedimentos por la Protección de la Vida Acuática..	74
Tabla 19. Respuesta de inmovilización de Daphnia Pulex expuestas al punto de muestreo ubicado en la Laguna Suches en 24 horas y 48 horas.....	77
Tabla 20. Respuesta de inmovilización de Daphnia Pulex expuestas al punto de muestreo ubicado aguas abajo de la Intersección de la cuenca del río suches con el río Japojollu en 24 horas y 48 horas.	78

Tabla 21. Respuesta de inmovilización de Daphnia Pulex expuestas al punto de muestreo ubicado aguas abajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma en 24 y 48 horas.....	79
Tabla 22. Respuesta de inmovilización de Daphnia Pulex expuestas al punto de muestreo ubicado en la Intercuenca del río Suches Hito 8 en 24 y 48 horas.	80
Tabla 23. Cálculo de Unidades tóxicas en 24 y 48 horas de evolución.....	81
Tabla 24. Niveles de toxicidad de los sedimentos del río Suches	81

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación ecológica de un ecosistema acuático	29
Figura 2. Mapa de hidrológico de la Cuenca Suches.....	40
Figura 3. Equipo para la identificación de la minería ilegal, con el dron Eeve	43
Figura 4. a. MuSe-01, laguna Suches; b. MuSe-03, aguas abajo de la Intersección de la <cuena del rio suches con el río Japojollu; c. MuSe-04, aguas abajo de la Intersección de la cuena del rio Suches con el río Caylloma; d. Muse-05, intercuenca del rio Suches Hito 8.....	44
Figura 5. a. Embaces etiquetados y rotulados; b. Muestras trasportadas en cooler; c. Muestras de sedimentos.....	45
Figura 6. a. y b. Pesado de muestras de sedimentos. c. mezcla de sedimentos y agua de lago filtrado. d. Centrifugación de los compuestos. e. Filtrado del elutreado.	47
Figura 7. a. Transporte hasta el punto de captación; b. Captación de Daphnia Pulex con malla de 300 µm; c. Filtrado de Daphnia Pulex.	48
Figura 8. a. Daphnias pulex preseleccionadas; b. Observación microscópica de Daphnia pulex.	49
Figura 9. a. Copépodos; b. Rotíferos, c. Cladóceros.	50
Figura 10. a. Materiales para las pruebas preliminares; b. Pruebas preliminares de las muestras al 100%, 50%, 10% y 1%.....	51
Figura 11. a. Multiparámetro Metler Toledo; b. Medición de parámetros de pH, T°, OD de todas las diluciones.	54
Figura 12. Diagrama de preparación de tratamientos y diluciones.....	55
Figura 13. a. Bioensayos de la MuSe-01; b. Bioensayos de la MuSe-03; c. Bioensayos de la MuSe-04; d. Bioensayos de la MuSe-05; e. Pruebas de control positivo y negativo; f. Pruebas definitivas.	56
Figura 14. Diseño experimental de la investigación.	58
Figura 15. Fase 1 – Trabajo de Campo Exploración del área de estudio.....	60
Figura 16. Metales Alcalinos presentes en Sedimentos de la cuena del rio Suches	64
Figura 17. Metales Alcalinotérreos presentes en Sedimentos de la cuena del rio Suches	65
Figura 18. Familia del Titanio presentes en Sedimentos de la cuena del rio Suches	65
Figura 19. Familia del Vanadio presentes en Sedimentos de la cuena del rio Suches	66

Figura 20. Familia del Cromo presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches	66
Figura 21. Familia del Manganeso presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches	67
Figura 22. Familia del Hierro, Cobalto y Niquel presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches.....	68
Figura 23. Familia del Cobre presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches.	68
Figura 24. Familia del Cobre presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches.	69
Figura 25. Familia de los terreos presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches.	69
Figura 26. Familia de los carbonoides presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches.	70
Figura 27. Familia de los Nitrogenoides presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches.	71
Figura 28. Familia de los Calcógenos o Anfígenos presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches.....	71
Figura 29. Comparacion de resultados con las Líneas Guía sobre la Calidad de los Sedimentos por la Protección de la Vida Acuática, ISQG y PEL.	75
Figura 30. Dosis letal 50 – 48h, de la MuSe – 01.....	77
Figura 31. Dosis letal 50 – 48h de la MuSe – 03.....	78
Figura 32. Dosis letal 50 – 48h, de la MuSe – 04.....	79
Figura 33. Dosis letal 50 – 48h, de la MuSe – 03.....	80

Índice de anexos

Anexo 1. Informe de Ensayo de análisis de Sedimentos MuSe-01	99
Anexo 2. Informe de Ensayo de análisis de Sedimentos MuSe-03	102
Anexo 3. Informe de Ensayo de análisis de Sedimentos MuSe-04	105
Anexo 4. Informe de Ensayo de análisis de Sedimentos MuSe-05	108
Anexo 5. Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-01: 24 horas	111
Anexo 6. Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-01: 48horas	115
Anexo 7. Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-03: 24 horas	119
Anexo 8. Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-03: 48 horas	123
Anexo 9. Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-04: 24 horas	127
Anexo 10. Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-04: 48 horas	131
Anexo 11. Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-05: 24 horas	135
Anexo 12. Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-05: 48 Horas	139

Símbolos usados

µg	: Microgramo
µm	: Micrómetros
Ag	: Plata
Al	: Aluminio
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
As	: Arsénico
B	: Boro
Ba	: Bario
Be	: Berilio
Ca	: Calcio
Cd	: Cadmio
CL 50	: Concentración Letal Media (dosis que genera muerte al 50% de la población expuesta)
Co	: Cobalto
Cr	: Cromo
Cu	: Cobre
DREM	: Dirección Regional de Energía y Minas
Fe	: Hierro
g	: Gramos
h	: hora / horas
Hg	: Mercurio
IMARPE	: Instituto del Mar del Perú
INACAL	: Instituto Nacional de Calidad
ISQG	: International Standard for Quality Guidelines
ITIS	: Integrated Taxonomic Information System
K	: Potasio
K ₂ Cr ₂ O ₇	: Dicromato de potasio
Kg	: Kilogramos
L	: Litro
Li	: Litio
LOEC	: Concentración del efecto más bajo observado
Mg	: Magnesio
MINAM	: Ministerio del Ambiente
ml	: Mililitros
Mn	: Manganeso
Mo	: Molibdeno
MuSe	: Muestra de Sedimentos
Na	: Sodio
Ni	: Niquel
NOEC	: No hay concentración de efectos observados
P	: Fósforo
Pb	: Plomo

PEBLT	: Proyecto Especial Binacional del Lago Titicaca
PEL	: Nivel de efecto probable
rpm	: Revoluciones por minuto
Sb	: Antimonio
Se	: Selenio
Sn	: Estaño
Sr	: Estroncio
Ti	: Titanio
Tl	: Talio
U.T.	: Unidades de Toxicidad
USEPA	: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
V	: Vanadio
Zn	: Zinc

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la ecotoxicidad de metales pesados en sedimentos del río Suches mediante bioensayo con *Daphnia pulex*. El estudio se desarrolló en tres fases; exploración del área de estudio, ensayos laboratoriales de metales pesados y bioensayo toxicológico con *Daphnia pulex*; para la extracción del elutriado se trabajó con el Protocolo del test de toxicidad de sedimentos y para el bioensayo con *Daphnia pulex* se aplicó la metodología establecida en la Norma Técnica Chilena (NCh2083.Of1999). Las variables de estudio fueron: concentración de metales pesados en sedimentos del río Suches y la toxicidad de los metales pesados presentes en sedimentos sobre la especie *Daphnia pulex*. El área de estudio fue la cuenca fronteriza del río Suches ubicada en el distrito de Cojata, se trabajó con 4 puntos de muestreo. Los resultados muestran que la concentración donde no hay efectos observados (NOEC) para la MuSe-1 es 21.2 % (53 g/L), en caso de la MuSe-3 es 32.2 % (80.5 g/L), para la MuSe-4 es 44.4 % (111.0 g/L), en tanto para la MuSe-5 es 57.3% (143.3 g/L) y la concentración del efecto más bajo observado (LOEC) para la MuSe-1 es 30.4 % (76 g/L), para la MuSe-3 es 41.0% (102.5), con respecto a la MuSe-4 es 52.0 % (130.0 g/L), y para la MuSe-5 es 67.6 % (169 g/L); la dosis que genera muerte al 50% de la población expuesta (CL 50) para la MuSe-1 es 37.5 % (93.6 g/L), en caso de la MuSe-3 es 45.9 % (114.8 g/L), para la MuSe-4 es 55.9 % (139.9 g/L), y para la MuSe-5 es 63.8 % (159.4 g/L). Por lo tanto, se concluye que las unidades de toxicidad de los sedimentos de la cuenca del río Suches presentan niveles tóxicos.

Palabras clave: *Daphnia pulex*, ecotoxicología acuática, metales pesados, minería, sedimentos, río Suches.

ABSTRACT

The objective of the present research was to evaluate the ecotoxicity of heavy metals in sediments of the Suches river by means of bioassay with *Daphnia pulex*. The study was developed in three phases; exploration of the study area, laboratory tests of heavy metals and toxicological bioassay with *Daphnia pulex*; for the extraction of the elutriate it was worked with the Protocol of the sediment toxicity test and for the bioassay with *Daphnia pulex* it was applied the methodology established in the Chilean Technical Standard (NCh2083.Of1999). The study variables were: concentration of heavy metals in sediments of the Suches River and the toxicity of heavy metals present in sediments on the species *Daphnia pulex*. The study area was the border basin of the Suches River located in the district of Cojata, we worked with 4 sampling points. The results show that the no-observed-effect concentration (NOEC) for MuSe-1 is 21.2% (53 g/L), for MuSe-3 it is 32.2% (80.5 g/L), for MuSe-4 it is 44.4% (111.0 g/L), while for MuSe-5 it is 57.3% (143.3 g/L) and the lowest observed effect concentration (LOEC) for MuSe-1 is 30.4 % (76 g/L), for MuSe-3 it is 41.0% (102.5), with respect to Muse-4 it is 52.0 % (130.0 g/L), and for MuSe-5 it is 67.6 % (169 g/L); the dose that generates death to 50% of the exposed population (LC 50) for MuSe-1 is 37.5 % (93.6 g/L), for MuSe-3 it is 45.9 % (114.8 g/L), for MuSe-4 it is 55.9 % (139.9 g/L), and for MuSe-5 it is 63.8 % (159.4 g/L). Therefore, it is concluded that the sediment toxicity units of the Suches River basin present toxic levels.

Keywords: *Daphnia pulex*, aquatic ecotoxicology, heavy metals, mining, sediments, Suches river.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

La cuenca hidrográfica del río Suches compartida entre Perú y Bolivia, es tributaria de la vertiente del Lago Titicaca. La actividad minera informal se viene desarrollando en el país boliviano desde los años 90, lo que ha generado la contaminación hídrica mediante la disposición directa de relaves mineros y aguas ácidas en la cuenca del río Suches, la contaminación es realizada en la cabecera de cuenca, curso alto y medio.

En el estudio denominado “Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del río Suches - zona bajo Paria Cojata – Puno” realizado por Apaza (2014) se determinó que la contaminación por mercurio (Hg) es una de las más frecuentes, ya que en el proceso de extracción del mineral (oro) los mineros hacen uso exagerado e inadecuado del mercurio; como también, realizan grandes movimientos de tierras para el proceso de extracción aportando contaminantes naturales como el Arsénico (As) en el proceso de remoción; a su vez, fragmentan los ecosistemas lo cual conlleva a la pérdida de hábitats para algunas especies (Apaza, 2016; Casilla, 2014). Es importante resaltar que Casilla (2014), determinó que las aguas de la cuenca del río Suches excedían la normativa ambiental vigente (Estándares de Calidad Ambiental para Agua) en cuanto a mercurio; Apaza (2016) estableció que los sedimentos de las aguas de la cuenca del río Suches se encontraban contaminadas por mercurio.

Según la Dirección Regional de Energía y Minas Puno (DREM) y la Fiscalía en Materia Ambiental, en la cuenca del río Suches hay alrededor de 400 mineros, entre peruanos y bolivianos los cuales vienen trabajando de manera ilegal, realizando el depósito de aguas ácidas en el recurso hídrico y edáfico de la cuenca Suches (DREM, 2015). Los más afectados con estas actividades y operaciones es la población rural del Distrito de Cojata, debido a que destinan el agua del río Suches para bebida de animales, resultando en la afectación de su actividad económica pecuaria.

La contaminación del cuerpo de agua por causa de la minería arraiga la polución con metales pesados, mismos que son considerados como los más peligrosos debido a los diversos efectos en la salud y el medio ambiente (biotopo, biocenosis) (Cuadros, 2013); sin embargo algunos de ellos son bioelementos esenciales para el metabolismo (zinc, cobre, hierro) (mientras no excedan ciertos niveles de concentración), y algunos otros no desempeñan ninguna función (mercurio, cadmio, plomo) (Ebrahimi & Taherianfard, 2011). Los metales pesados se reconocen como un grupo de contaminantes de gran importancia ecológica porque no se eliminan del agua mediante la autodepuración (Ghrefat y Yusuf, 2006).

Es importante mencionar que los metales pesados al no ser degradados física, química y/o biológicamente se biomagnifican al bioacumularse en los seres vivos (flora y fauna) formando así parte del ecosistema al establecerse en la cadena trófica. La bioacumulación de los metales pesados y/o xenobióticos en los tejidos celulares de las especies de flora y fauna genera efectos de intoxicación, disminución de la fertilidad, daño celular y tisular, muerte celular y disfunción de varios órganos y sistemas en las especies expuestas a estos compuestos (Oliveira citado por Valverde, 2015).

Los sedimentos de los ríos tienden a ser el depósito de metales pesados y son fuentes secundarias potenciales de contaminantes a sistemas acuáticos superficiales (Adams et al., 1992). Los sedimentos son ecosistemas y son reconocidos como fuentes principales y sumideros de diversos tipos de sustancias peligrosas en los ríos (Rosado et al., 2016) que pueden ser directa o indirectamente tóxicos para los organismos acuáticos y bentónicos.

Según lo expuesto anteriormente, se destaca la necesidad de determinar los efectos toxicológicos potenciales generados en la biodiversidad acuática causados por los contaminantes procedentes de la actividad minera informal e ilegal misma que se deposita en el fondo del río y se asocia con los sedimentos; por ello, el presente estudio pretende realizar la “Evaluación ecotoxicológica de los sedimentos del río Suches mediante bioensayo con *Daphnia pulex*”.

1.2 Justificación

La actividad minera, es la actividad económica que desde su inicio ha venido contaminando ecosistemas; esto a través del vertimiento de relaves y aguas ácidas producto de sus procesos. Esta es la realidad de muchos países en desarrollo. La cuenca del río Suches es y ha sido impactada negativamente por la minería aurífera desarrollada en el país boliviano y peruano, mismo que ha generado el deterioro de la calidad del agua y sedimentos del río Suches; realizando modificaciones de sus

características físicas, químicas y biológicas, disminuyendo la calidad del mismo y poniendo en riesgo las especies acuáticas. Las especies de flora y fauna del ecosistema acuático y de sedimentos que se encuentran en la cuenca del río Suches pueden presentar riesgos de sufrir cambios y efectos negativos en el desarrollo de su ciclo de vida, esto debido a que los metales pesados o xenobióticos, no se auto depuran ni se biodegradan en el ambiente, estos por su naturaleza se sedimentan en el fondo de los cuerpos de agua, permaneciendo y transportándose a lo largo del curso de agua, lo cual significa que estos pueden ser fuente de contaminación a largo plazo, afectando al zooplancton de agua dulce (pulgas de agua) y a los peces que se alimentan de estos. Los estudios toxicológicos y/o bioensayos han venido desarrollándose para determinar los efectos generados de los contaminantes sobre las especies de flora y fauna, esto a través de pruebas de laboratorio *in situ* o *ex situ*; una de las especies más utilizadas para este tipo de estudios son los dafnidos, mismo que por sus características, propiedades y manejo laboratorial son aplicados con frecuencia.

Es imprescindible resaltar que la contaminación en el Perú es determinada únicamente a través del análisis de parámetros físicos y químicos realizando la comparación de los resultados de los ensayos de laboratorio con límites máximos permisibles; por ello, se plantea realizar el estudio de evaluación eco-toxicológica a través de bioensayos. En el presente estudio de investigación se plantea trabajar con la especie *Daphnia pulex*, porque pertenece a la base de la red trófica acuática y además cumple con los requisitos mínimos necesarios como especie para el desarrollo de bioensayos de toxicidad.

El presente trabajo de investigación aporta los conocimientos teóricos sobre la problemática planteada, dando a conocer la evaluación actual de la contaminación de los sedimentos de cuerpos de agua lóticos y los impactos que viene ocasionando sobre el ecosistema acuático del río Suches, considerando que esta cuenca es una corriente endorreica del Lago Titicaca por ende la contaminación y los impactos se hace extensiva a esta unidad hidrográfica; los resultados podrán ser parte en la toma de decisiones para las posteriores investigaciones respecto a estrategias de biorremediación del río Suches.

1.3 Presuposición filosófica

La Santa Biblia menciona y enseña en el libro de Génesis capítulos 1 y 2 que Dios es el creador de todo lo que existe, la naturaleza y toda la creación refleja el carácter de Dios; en Génesis 1:31 se menciona que tras acabar Su creación el todopoderoso declaró que todo era bueno en gran manera, y por ello la creación tiene un valor intangible (Reina Valera, 1960).

Las escrituras bíblicas revelan que es responsabilidad del hombre cuidar y conservar la tierra y todo lo que en ella habita, es así que en Génesis 1:26-28 se encuentra la siguiente frase "ejerce dominio", esto refiriéndose al hombre para que pueda cuidar de la naturaleza, los animales, las flores y todos los seres vivos. El hombre no es propietario de la tierra y la naturaleza; sin embargo, Dios en su majestuosidad permitió al hombre para que con amor y gentileza tenga bajo su cuidado y protección toda Su creación.

La tierra está en peligro debido a muchos problemas que el ser humano ha generado; deforestación, uso indiscriminado y no sostenible de los recursos naturales, polución y contaminación ambiental (agua, aire, suelo), lo cual ha desencadenado en la degradación de la magnificencia de la creación de Dios, y como responsables de su degradación estamos forzados a realizar su recuperación y remediación; por ello el presente trabajo de investigación, es planteado con la finalidad de generar conocimientos y que en lo posterior a partir de los resultados se propongan soluciones viables para la conservación de la creación de Dios.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General.

- Evaluar la ecotoxicidad de los sedimentos del río Suches mediante bioensayo con *Daphnia pulex*, Cojata frontera Perú – Bolivia, 2019.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Diagnosticar la situación ambiental actual de la contaminación realizada en la cuenca del río Suches por la minería informal.
- Determinar la concentración de metales pesados y parámetros fisicoquímicos en sedimentos del río Suches y contrastarlo con normativa internacional vigente.
- Evaluar la toxicidad aguda de sedimentos del río Suches mediante bioensayo con *Daphnia pulex* por un período de 24 y 48 horas (CL50_{24h-48h}).

CAPITULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

3.1 Antecedentes de la investigación

3.1.1 Antecedentes internacionales.

Reis (2004), realizó el estudio de “Evaluación ecotoxicológica de sedimentos de la represa del Lobo (SP), en mesocosmos sometidos a metales de cobre y cromo”, donde lograron verificar una disminución de la abundancia de organismos bentónicos y efectos tóxicos sobre los organismos de prueba sometidos a estos sedimentos, pudiendo observarse que en los *cladóceros* causaron efecto de toxicidad aguda y en la alga *Selenastrum capricornutum* presentó una inhibición del crecimiento poblacional; a partir de la cual establecieron que este tipo de ensayos realizados son ideales para determinar los efectos generados por contaminantes xenobióticos o metales pesados sobre la vida acuática.

En el estudio denominado “Evaluación ecotoxicológica de sedimentos en una zona del Río Uruguay, con puntos finales indicadores de toxicidad aguda, sub-letal, crónica, reproductiva y teratogénica”, donde aplicaron bioensayos de toxicidad con *Photobacterium leiognathi*, de reproducción con *Ceriodaphnia dubia*, de teratogenicidad y letalidad con *Pimephales promelas* y el ensayo sub-letal en sedimento completo con *Hyalella curvispina* en tres sitios de estudio Fray Bentos, Las Cañas y Nuevo Berlín. Se observaron toxicidad por orgánicos y metales con *P. leiognathi* para todos los sitios. La frecuencia de malformaciones vertebrales de *P. Promelas* fue de 3.3% en Fray Bentos, pero *C. dubia* sólo mostró efectos en Nuevo Berlín y Las Cañas. Los efectos con *H. curvispina* se evidenciaron en todas las muestras, a partir de la cual determinaron que existen indicios de toxicidad y teratogenicidad en los sitios de estudio (Míguez et al., 2010).

Torres (2009), realizó el “Estudio de la toxicidad en muestras de agua y sedimentos de la cuenca del río San Pedro en el estado de Aguas Calientes, empleando pruebas de

toxicidad”, los bioensayos fueron realizados empleando los organismos *Daphnia magna* y *Lecane quadridentata* para determinar la toxicidad aguda a 48 h con elutreados de sedimentos y agua residual, realizados en épocas de sequía y lluvia. Los resultados determinaron que del 100 % de las muestras el 97.22 % dieron toxicidad aguda positiva en las pruebas realizadas con *L. quadridentata* en época de sequía, en época de lluvia el 94.44 % de los sitios generaron toxicidad aguda sobre *L. quadridentata*. En los bioensayos realizados con *D. magna*, en época de sequía del año el 86.11 % originaron toxicidad aguda. Así mismo, en época de lluvia *D. magna* el 77.77 % generaron efecto tóxico agudo sobre este organismo en cuanto a las muestras de aguas. Los sedimentos (elutreados) del río San Pedro generaron toxicidad sobre *L. quadridentata* en un 27.5 % de los casos, mientras que en la *D. magna* fue de un 2.5 % en época de sequía. En las pruebas correspondientes a la época de lluvia los sedimentos del río fueron tóxicos para *L. quadridentata* en un 22.5 % de los casos, mientras que la toxicidad aguda generada sobre *D. magna* fue de un 12.5 %.

Bernal & Rojas (2007) en el estudio de “Determinación de la concentración letal media (CL50-48) del mercurio por medio de bioensayos de toxicidad acuática sobre *Daphnia pulex*” determinaron que la concentración letal media (CL 48-50) del mercurio sobre la *Daphnia pulex* (CL 48-50 = 0.113µg/L), la cual ofrece una base para delimitar el rango de toxicidad, indicando los límites de tolerancia (límite inferior: 0.078 µg/L, límite Superior: 0.163 µg/L), al que este organismo puede estar expuesto, buscando de esta forma la protección de la Ictiofauna.

El estudio denominado “Arsenic distribution and speciation in *Daphnia pulex*” el cual fue desarrollado en los territorios de Rat Lake, Yellowknife, Northwest, mismo que está situado en relaves ricos en arsénico de una histórica mina de oro; estudió el impacto del arsénico en la base de la red trófica de agua dulce en la especie de zooplancton *Daphnia pulex*. Se determinó que la concentración de arsénico en el agua del lago fue de 0.25 mg/L, mientras que los organismos zooplanctónicos contenían hasta 35 mg/kg de arsénico. El mapeo de Fluorescencia de rayos X (XRF) de *D. pulex* para la distribución de arsénico mostró que el arsénico se distribuía principalmente en el intestino del animal, donde su concentración era diez veces mayor que en los tejidos circundantes. Además, el análisis de residuos de extracciones dirigidas a arsenicales solubles en lípidos y solubles en agua sugirió que parte de la señal de arsénico medida proviene de sedimentos ingeridos, fitoplancton u otras fuentes de alimentos (Caumette, Koch, Moriarty, & Reimer, 2012).

La investigación titulada “A comparison of the sensitivities of *Daphnia magna* and *Daphnia pulex* to six different cyanobacteria. *Harmful Algae*”, tuvo como objetivo

investigar los efectos de diferentes cianobacterias en diversas concentraciones de estas cianobacterias en la dieta sobre la reproducción de *Daphnia pulex* y *Daphnia magna*. Esas dos especies fueron elegidas para evaluar si la dinámica de las cianobacterias-dafnidos podría generalizarse para el género *Daphnia*. Los resultados demostraron que tanto la pendiente como la CL50 de las curvas de respuesta a la concentración dependen de la especie *Daphnia*, las especies de cianobacterias y la interacción potencial entre las dos. Esto tiene dos consecuencias principales; en primer lugar, las diferencias en la sensibilidad a las cianobacterias entre *D. magna* y *D. pulex* dependen de la concentración de las cianobacterias específicas; y en segundo lugar, determinaron que existen diferentes mecanismos de toxicidad para las dos especies. Por lo tanto, llegaron a la conclusión de que los efectos de las cianobacterias en diferentes concentraciones no se pueden generalizar entre las especies. Además, los mecanismos de toxicidad no solo son específicos de cianobacterias, sino que también dependen de las especies expuestas, incluso para especies más estrechamente relacionadas, como en el género *Daphnia* (Asselman, Hochmuth, & De Schampelaere, 2014).

Escobar (2009), desarrolló la investigación denominada “Implementación de un sistema de alerta de riesgo toxicológico utilizando *Daphnia pulex* para la evaluación de muestras ambientales”, el objetivo de esta investigación fue implementar un sistema de alerta de riesgo toxicológico mediante el empleo del organismo nativo del área de la Sabana de Bogotá, la *Daphnia pulex*, con la finalidad de determinar el índice de toxicidad de muestras ambientales y establecer una clasificación de efluentes industriales para mejorar los procesos de control de calidad ambiental. Llegaron a la conclusión de que la variación de los niveles de clasificación no solo depende de las concentraciones de cargas tóxicas de los efluentes sino también del caudal aportado por éste. Indica también que el índice toxicológico es un mecanismo e instrumento valioso, económico y efectivo que permite realizar un adecuado control y evaluación.

El estudio titulado “La ecotoxicología aplicada a la evaluación de la contaminación de los ríos: el caso del río Reconquista”, cuyo objetivo fue evaluar la utilidad de diferentes herramientas biológicas en la detección de deterioro de la calidad ambiental, particularmente de ríos y arroyos de la provincia de Buenos Aires, utilizando como organismos de ensayo principalmente especies nativas, entre ellas un pez (*Cnesterodon decemmaculatus*), un anfípodo (*Hyalella curvispina*) y un anfibio (*Rinella arenarum*, ex *Bufo arenarum*), pero también algunas especies ya validadas, como el pez *Cyprinus Carpio*; determinó que existe daño por exposición a muestras de agua en peces provenientes de la cuenca alta del río, estableciendo que este cuerpo de agua presenta alto grado de polución. A su vez se pudo observar que los bioensayos realizados en

sedimento del río, mostraron deterioro de los organismos generando efectos agudos o crónicos (Ferrari, 2015).

Gagneten (2006), en su investigación titulada “Efectos ecotoxicológicos del sedimento del río Salado inferior (Argentina) en la supervivencia y reproducción de *Moina micrura* (Crustacea, Cladocera)”, tuvo como objetivo realizar la comparación de los efectos generados por sedimentos de un lugar contaminado y otro no contaminado del río Salado (Argentina), aplicando la especie de *Moina micrura* (Crustacea, Cladocera) en ensayos de laboratorio, donde se analizó la sobrevivencia y fecundidad de los organismos de prueba expuestos a sedimentos; por ende, se realizaron ensayos crónicos durante 29 días; dando como resultado que al estar “la especie expuesta al sedimento del sitio no contaminado, *M. micrura* produjo 113 neonatos en 11 camadas, mientras que al estar expuesta al sedimento contaminado produjo 13 neonatos en 4 camadas”.

La investigación “The effects of contaminated sediments of the Blesbok Spruit near Witbank on water quality and the toxicity thereof to *Daphnia pulex*”, tuvo como objetivo evaluar el impacto potencial de los sedimentos contaminados del Blesbok Spruit cerca de Witbank, que recibe el drenaje ácido de la mina (AMD), *entre otros*, en la biota. La transferencia directa de sustancias químicas de sedimentos a organismos se considera una de las principales vías de exposición para muchas especies y, por lo tanto, centra la atención en la contaminación de sedimentos y destaca el hecho de que los sedimentos son un recurso importante. Se realizaron pruebas de toxicidad aguda en *Daphnia pulex* utilizando tanto agua intersticial de sedimentos extraídos como agua superficial. También se realizaron análisis químicos en muestras de sedimento, agua intersticial y agua superficial. Los resultados de toxicidad sugieren que la toxicidad del metal aumenta significativamente la toxicidad del agua de la corriente, que se ve reforzada por el efecto del pH. El pH de la corriente y el agua intersticial fueron muy ácidos (Hill & Jooste, 1999).

3.1.2 Antecedentes nacionales.

Chagua & Morales (2014), realizaron el estudio titulado “Análisis ecotoxicológico del efluente de descencale en bioensayos con *Daphnia magna*, *Lactuca Sativa* y *Chlorella vulgaris*”, donde se realizó tres (03) bioensayos (DE-1, DE-2, DE-3), determinándose que la muestra DE-3 es el que genera mayores efectos tóxicos siendo la CL-50 (concentración efectiva media) para inmovilización de *D. magna* 6.75% en 48 horas, para inhibición de germinación de *L. sativa* 20.10% en 120 horas, y para inhibición de

crecimiento de *C. vulgaris* 92.42% en 96 horas. En conclusión, determinaron que el DE-3 tenía mayor carga tóxica y por tanto si este fuese vertido a un cuerpo de agua se debería priorizar acciones correctivas para minimizar los efectos en el cuerpo de agua y las especies acuáticas del entorno.

Huamán (2016), en su estudio “Toxicidad del efluente de la laguna de estabilización el espinar mediante bioensayos con *Daphnia pulex* y *Lactuca sativa L.*”, buscó determinar el grado de toxicidad del efluente en los meses de agosto y noviembre; donde evaluó la inhibición del crecimiento del hipocotilo y la radícula durante 120 h en la *Lactuca sativa L.*, y evaluó la mortalidad luego de 48 h de exposición de la *Daphnia pulex* a las muestras de agua recolectadas. El resultado de los ensayos con *Lactuca sativa L.*, mostró mayor inhibición del crecimiento a nivel de radícula en agosto frente a noviembre. En los ensayos con *Daphnia pulex*, los niveles de toxicidad del efluente fueron CL 50 78.82% (agosto) y CL 50 69.20% (noviembre). En conclusión, el efluente presentó una carga tóxica calificada como “considerable” tanto para agosto como para noviembre, lo que indica riesgo potencial de afectación directa a organismos sensibles de la cadena trófica y de forma global al ecosistema de la bahía interior del Lago Titicaca, así como un riesgo potencial para la salud pública siendo necesarias medidas de atención prioritarias a esta problemática ambiental.

Palao (2019), en su investigación titulada “Bioensayos de ecotoxicidad aguda de las aguas residuales de la ciudad de Puno sobre *Hyalella cuprea* (Anphípoda:Hyalellidae) cultivada en laboratorio”, donde determinaron que las aguas residuales de la ciudad de puno presentan características con alta conductividad, alta TDS, bajo OD, y en referencia al DBO5 estos no cumplen con los LMP de la Norma Peruana. En cuanto a las características toxicológicas determinaron que los efluentes que ingresan a la laguna de oxidación del Espinar presentan una dosis letal que genera la mortandad a la mitad de población expuesta es de 14.64 % (6.83 UT), considerada como altamente tóxica y por ende genera mayor riesgo para el ecosistema integral. Por ende, el autor concluye que las aguas residuales de la ciudad de puno generan riesgos altos y concentraciones toxicas que hacen vulnerables a la ictiofauna de la bahía interior del Lago Titicaca.

3.2 Revisión de la literatura

3.2.1 La minería.

La extracción de minerales de la litosfera terrestre por parte de la actividad minera ha resultado en la contaminación a gran escala y extensa de los ambientes, incluidos los suelos superiores, sedimentos, acuíferos, aguas subterráneas y corrientes. Los impactos ambientales de la minería y el drenaje ácido de las minas se han evaluado

principalmente mediante la realización de análisis químicos y evaluaciones numéricas de riesgos para obtener información y predecir los posibles resultados e impactos en el medio ambiente (Gu, 2018).

3.2.2 Contaminación del río Suches.

En la actualidad la cuenca del río Suches viene siendo afectada por la contaminación de la actividad minera artesanal informal e ilegal, mismos que no cuentan con ningún sistema de tratamiento de aguas y relaves mineros, realizando por ende las descargas de estos contaminantes de manera directa al recurso edáfico e hídrico. En los últimos años se ha determinado que la mina Laguna Suches, mina Playa Verde, mina Santa María, mina Pampa, mina Nevado Infinito, mina Suches y mina Antaquilla son las que contribuyen a la generación de este impacto; así mismo, se ha detectado que al sur-este del hito 12 se viene desarrollando actividad minera ilegal que pertenecen al vecino país boliviano.

Estudios realizados en la cuenca del río Suches determinaron que la contaminación por mercurio (Hg) es una de las más frecuentes, ya que en el proceso de extracción del mineral (oro) los mineros hacen uso exagerado e inadecuado del mercurio; como también, al realizar grandes movimientos de tierras para el proceso de extracción aportan con contaminantes naturales como el Arsénico (As) en el proceso de remoción; a su vez, fragmentan los ecosistemas lo cual conlleva a la pérdida de hábitats para algunas especies (Apaza, 2016; Casilla 2014). Es importante resaltar que Casilla (2014), determinó que las aguas de la cuenca del río Suches excedían la normativa ambiental vigente (Estándares de Calidad Ambiental para Agua) en cuanto a mercurio; Apaza (2016) estableció que los sedimentos de las aguas de la cuenca del río Suches se encontraban contaminadas por mercurio.

La contaminación del río Suches ha generado un conflicto socioambiental que involucra a la población que se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Cojata, Provincia de Huancané, departamento de Puno, ya que la población en su mayoría se dedica a la actividad agropecuaria, motivo por el cual los ganaderos han solicitado la declaratoria de emergencia ambiental de la cuenca, sin embargo a la actualidad no se ha logrado establecer soluciones que aborden esta problemática de manera holística.

3.2.3 Ecosistema acuático.

Marcano (2018), indica que el ecosistema acuático es un sistema abierto que interactúa de manera continua con los ecosistemas que se encuentran a su alrededor, lo cual los hace vulnerables a ser los receptores temporales o finales de agentes contaminantes; estas sustancias dispersadas poseen ciertas particularidades llegando a transformar las

características físicas, químicas y biológicas del cuerpo natural del agua, causando un efecto nocivo, tanto para la biota acuática, como para los demás organismos que intervienen en la cadena alimenticia llegando hasta el ser humano.

Los organismos que viven en el ecosistema acuático son caracterizados y determinados por sus condiciones físicas y químicas, Marcano (2018) realiza la siguiente clasificación ecológica de los organismos acuáticos (*Figura 1*):

- Plancton: Son los organismos que viven suspendidos en las aguas y que carecen de medios de transporte, se trasladan con el movimiento de las corrientes de agua. En su mayoría son organismos microscópicos; conformados por el fitoplancton y el zooplancton, estos mantienen el equilibrio entre el incremento de la población y la disponibilidad del alimento. “El zooplancton está clasificado entre rotíferos y dos clases de crustáceos (copépodos, cladóceros), cumplen un rol esencial en la dinámica trófica de los ecosistemas acuáticos dependiendo de la ictiofauna presente”.
- Necton: Son los organismos que nadan libremente en el agua y migran constantemente. Se observa que estas especies se encuentran en la zona litoral como los insectos (larvas y adultos), los crustáceos y los vertebrados (las ranas, salamandras, tortugas y serpientes de agua).
- Bentos: Son los organismos que viven en el fondo, la mayoría de los organismos son invertebrados; estas se caracterizan por ser muy ricas en especies y formas.
- Neuston: Son los organismos que se localizan sobre la superficie del agua, por lo general son insectos.
- Perifiton: Son los organismos vegetales y animales que se adhieren a los tallos y hojas de plantas con raíces fijas en los fondos.

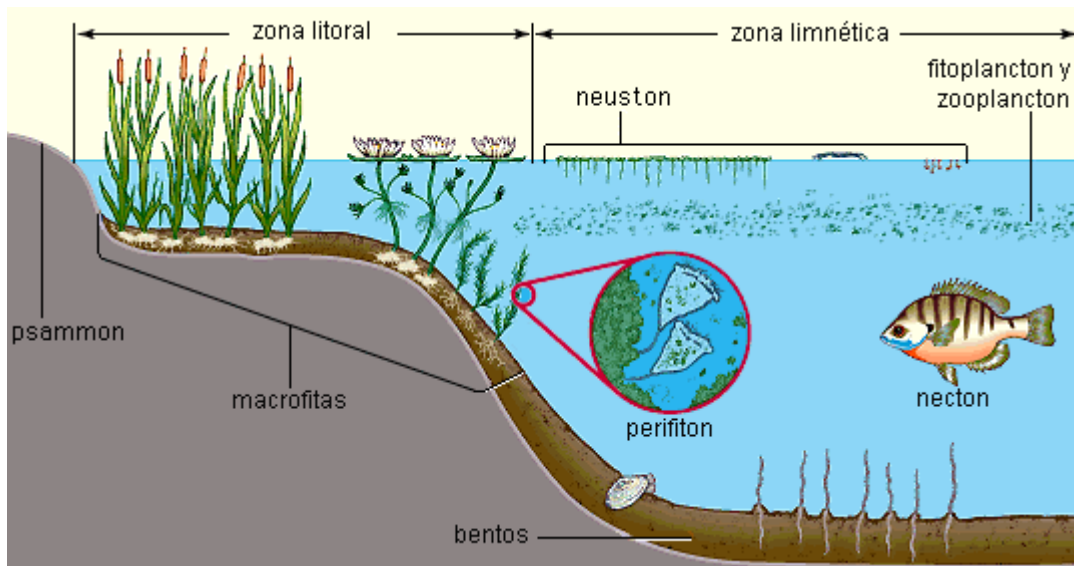


Figura 1. Clasificación ecológica de un ecosistema acuático

Fuente: Marcano (2018).

Cada especie de la cadena trófica (cadena alimenticia) cumple un rol y un papel específico dentro de un ecosistema, generando un equilibrio que debe existir entre la entrada y salida del agua (entrada de materia y energía) (Khan, 2018).

La contaminación natural y/o antropogénica (directa o indirecta) hace considerablemente susceptible a que los ecosistemas acuáticos sufran modificaciones en su entorno ambiental natural, llegando a modificar sus características químicas, físicas y biológicas (Marcano, 2018).

3.2.4 Sedimentos como Ecosistema.

Según Miller y Foloni (citado por Reis, 2004), para que un área sea determinada como ecosistema, debe ostentar una entrada y salida de energía, las cuales puedan ser medidas, deben de contener tres componentes principales (productores, consumidores y descomponedores) y mecanismos de autorregulación. Un medio físico en el que se dé la interacción de los factores bióticos y abióticos. De acuerdo a este análisis el espacio sedimento cumple los requisitos considerados y es considerado como un ecosistema.

La comunidad bentónica se caracteriza por habitar el sedimento acuático o la superficie de éste, pudiendo tener papel central en la dinámica de nutrientes y en el flujo de energía (Esteves citado por Reis, 2004). Los organismos bentónicos incluyen diversos grupos, pero principalmente algas, micrófitas, invertebrados y bacterias. Los organismos pueden ser encontrados asociados con todo tipo de sedimentos, estos organismos utilizan los

sedimentos para alimentación (alimentadores de depósito, alimentadores de material en suspensión), protección, estabilidad (sustentación, fijación) y reproducción.

Los organismos asociados a los sedimentos varían en tamaño desde bacterias hasta mega-fauna (Melnick & Rao citado por Reis, 2004).

La estructura y dinámica de los sedimentos determina y condiciona la composición de las especies. Sin embargo, estos organismos no están totalmente sujetos a las condiciones ambientales, pues pueden modificar y ejercer influencia sobre los sedimentarios (Soares, 2000).

3.2.5 Toxicología.

Se define toxicología a los efectos adversos causados en un organismo por los contaminantes. La toxicología es el resultante de la concentración y del tiempo de exposición, modificado por variables como la temperatura, formas químicas y disponibilidad de las sustancias (APHA, 1992).

3.2.6 Ecotoxicología.

La ecotoxicología estudia los efectos nocivos de sustancias tóxicas (químicas o físicas) presentes en el ambiente, sobre organismos vivos que son parte fundamental de los ecosistemas (vegetales, microorganismos, animales y el hombre); la finalidad de la ecotoxicología es determinar, analizar y evaluar los riesgos ambientales, ecológicos y de salubridad que pueden generarse a causa de los contaminantes potencialmente tóxicos en un ambiente (Calvo, Oviedo, Yañez, & Zapata, 2012; Campo, 2002).

La ecotoxicología evalúa la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos generados en un ecosistema, afectados por la exposición a sustancias contaminantes; la evaluación ecotoxicológica es determinada de la siguiente manera (Campo, 2002):

- “Exposición de organismos en estudio con agentes contaminantes”.
- “Características de los efectos producidos por sustancias tóxicas”.

Es decir, la ecotoxicología realiza el estudio de los impactos o efectos generados por los contaminantes sobre un determinado ecosistema, a partir de la evaluación de los efectos producidos sobre una o más especies, mediante estas evaluaciones se logra definir y caracterizar los efectos adversos de una sustancia ecotóxica y los impactos ambientales negativos que genera por su característica tóxica, bioacumulativa y persistente.

3.2.7 Bioensayos o Pruebas de Toxicidad.

Los bioensayos, ensayos o pruebas de toxicidad, son aquellos utilizados para observar y estimar el grado de toxicidad de una sustancia química, un efluente, un cuerpo de agua, etc., empleando organismos vivos (Esclapés citado por Gamez & Ramirez, 2008), los cuales son realizados bajo condiciones experimentales específicas y controladas; “se realiza la observación de los efectos generados en los organismos, tales como muerte, crecimiento, proliferación, multiplicación, cambios morfológicos, fisiológicos o histológicos” (Häder et al., citado por Huamán, 2016).

3.2.8 *Daphnia pulex*.

La *Daphnia pulex* es una de las especies más utilizadas en pruebas de toxicidad (Ramirez & Mendoza, 2008), esto debido a su amplia distribución geográfica, el rol que cumplen en la red trófica de la comunidad zooplanctónica, la facilidad de cultivo en el laboratorio y la reproducción partenogenética que asegura la reproducción rápida de neonatos. Este organismo de prueba, es un eslabón fundamental en la cadena alimenticia ya que es uno de los consumidores de primer orden dentro del ecosistema acuático (Navarro & Rodríguez, 2012).

Tabla 1.

Jerarquía Taxonómica

<i>Daphnia pulex</i>	
Reino	<i>Animalia - Animal, animaux, animales</i>
Subkingdom	<i>Bilateria</i>
Infrakingdom	<i>Protostomia</i>
Superphylum	<i>Ecdysozoa</i>
Filo	<i>Arthropoda - Artrópode, artrópodos, artrópodos</i>
Subphylum	<i>Crustacea - crustacés, crustáceo, crustáceos</i>
Clase	<i>Branchiopoda - branchiopods, branchiopodes</i>
Subclase	<i>Phyllopoda</i>
Orden	<i>Diplostraca</i>
Suborden	<i>Cladocera - pulgas de agua, cladoceras</i>
Infraorden	<i>Anomopoda</i>
Familia	<i>Daphniidae</i>
Género	<i>Daphnia</i>
Especies	<i>Daphnia pulex</i>

Fuente: Integrated Taxonomic Information System ITIS, 2018.

3.2.9 Bioensayo con *Daphnia*.

Las condiciones recomendadas por la USEPA e investigadores en el tema de estudio de bioensayos toxicológicos son los siguientes:

Tabla 2.

Condiciones recomendadas para las pruebas con Daphnia.

Tipo de Ensayo	Estático
Duración de la prueba	24 -48 horas
Temperatura	20 ± 2
Calidad de Luz	Fluorescente blanco y frio
Intensidad luminosa	540- 1080 luxes
Foto periodo	16 horas de luz y 8 horas de oscuridad
Edad de los organismos	Menos de 24 horas de nacidos
Número de réplicas	3
Número de organismos por recipiente	No > 1 neonato por cada 2 ml
Régimen de alimentación	No
Aireación	No
pH	6 – 10
Respuesta evaluada	Inmovilización
Blanco	Sobrevivencia > 90%
Control positivo	Dicromato de potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇)

Fuente: USEPA (1989).

3.2.10 Cálculo de las Unidades y niveles de toxicidad.

Se aplicará la siguiente ecuación establecida por Zagatto y Col. (1988) para el cálculo de las unidades de toxicidad de los puntos de muestreo:

$$U.T. = \frac{100}{CL\ 50\ (\%)}$$

Donde:

- U.T. : Unidades de Toxicidad
- CL 50% : Dosis Letal que genera la muerte del 50% de población.

Tabla 3.

Nivel de Toxicidad basado en Unidades Tóxicas.

Nivel de Toxicidad	Unidades toxicológicas
No tóxico	1
Levemente tóxico	1 - 1.3
Moderamente Tóxico	1.3 - 2
Tóxico	2 - 4
Muy Tóxico	> 4

Fuente: Zagatto y Col., 1988.

3.3 Marco normativo

3.3.1 Constitución Política del Perú 1993.

La constitución Política del Perú de 1993, en el Artículo 2 inciso 22 indica que toda persona tiene derecho “a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida”.

3.3.2 Ley General del Ambiente - Ley 28611.

En el Artículo 113 se explica que “toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes” ... “identificar y controlar los factores de riesgo a la calidad del ambiente y sus componentes”.

3.3.3 Ley de recursos hídricos - Ley 29338.

En el Artículo 1° se subraya que el agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 83°, “está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas”.

3.3.4 Líneas guía sobre la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática.

El Perú no cuenta con normativa establecida para calidad de sedimentos por ello se trabajó con la normativa canadiense denominada “Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life” (Lineamientos de la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática), donde se establecen dos límites: el ISQG (International Standard for Quality Guidelines) que representa un límite guía para la salud humana y la vida acuática; y el PEL (Probable Effect Level) (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999).

Tabla 4

Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática ISQG y PEL

Parámetros	*ISQG mg/kg	*PEL mg/kg
Arsénico	5.9	17
Cadmio	0.6	3.5
Cromo total	37.3	90
Cobre	35.7	197
Plomo	35	91.3
Mercurio	0.17	0.486
Zinc	123	315

* ISQG (International Standard for Quality Guidelines)

* PEL (Probable Effect Level)

Fuente: Canadian Council of Ministers of the Environment (1999).

3.4 Marco conceptual

La definición de términos se realiza de acuerdo a lo estipulado en la USEPA (1992) y por Repetto et al., (1993):

3.4.1 Aclimatación.

“Adaptación fisiológica del organismo de prueba a las condiciones ambientales de control de laboratorio”.

3.4.2 Agua desionizada.

“Agua que ha sido tratada para remover iones de la disolución”.

3.4.3 Agua dura reconstituida o de dilución.

“Es agua desionizada a la que se le adicionan sales inorgánicas para obtener agua dulce sintética libre de contaminantes y con características deseables de pH y dureza para el organismo de prueba. Con ella se preparan las distintas diluciones o concentraciones de pruebas exploratorias o definitivas. Así como los sistemas de control positivo y negativo”.

3.4.4 Agua intersticial.

“Agua que llena los espacios libres entre las partículas de los sedimentos”.

3.4.5 Cladóceras.

“Suborden de crustáceos branquiópodos, al que pertenecen las comúnmente llamadas “pulgas de agua”. Tienen el cuerpo cubierto por un caparazón dispuesto en dos valvas que cubren el tronco y los apéndices”.

3.4.6 Concentración Letal media (CL50).

“Es la concentración de sustancias puras, combinadas, cuerpos receptores, efluentes, lixiviados y la fracción soluble de los de suelos y sedimentos que afecta al 50 por ciento de la población expuesta, por un periodo de exposición de 48 h. En esta norma, el efecto medido es la inmovilidad o muerte de los organismos”.

3.4.7 Dáfnidos.

“Es el nombre en castellano que reciben los organismos del género *Daphnia* conocidos como pulga de agua”.

3.4.8 Dureza.

“Es la medida de la concentración de iones de calcio y magnesio en agua, expresada en mg/L de carbonato de calcio o equivalente”.

3.4.9 Efecto agudo

“Es un efecto adverso que se induce en los organismos por exposición a un material de prueba, durante un periodo menor o igual a 48 h. Para fines de este método de prueba, el efecto agudo estará referido a la inmovilidad o muerte”.

3.4.10 Efecto crónico.

“Es la respuesta a un estímulo que se produce durante una gran parte del ciclo de vida del organismo expuesto, generalmente se manifiesta en su crecimiento y reproducción para el caso de los dáfnidos”.

3.4.11 Elutreado.

“Disolución acuosa obtenida por la adición de agua a una sustancia sólida (Sedimento y/o suelo), la cual se agita por un tiempo determinado. Posteriormente la mezcla obtenida se centrifuga, se filtra o se decanta el sobrenadante para obtener la fase líquida”.

3.4.12 Extracto.

“Disolución obtenida por un proceso químico entre un solvente(s) y una sustancia sólida (sedimento y/o suelo) para obtener los compuestos presentes en la muestra sólida”.

3.4.13 Fotoperiodo.

“Es la duración de los periodos de iluminación y oscuridad en un lapso de 24 h”.

3.4.14 Inmovilidad.

“Ausencia de movimiento absoluto de cualquier parte del cuerpo de los dáfnidos o muerte después de estimularlos indirectamente por movimiento o iluminación con luz blanca. Es recomendable no manipular a los organismos con pipetas, pinzas o cualquier objeto en la revisión de las 24 h, cuando así corresponda”.

3.4.15 Ictiofauna.

“Conjunto de especies de peces que existen en una determinada región biogeográfica”.

3.4.16 Neonatos.

“Son los dáfnidos de edad menor a 24 h que son utilizados en pruebas de toxicidad”.

3.4.17 Prueba de toxicidad (bioensayos de toxicidad).

“Es la exposición controlada de organismos a sustancias puras, combinadas y aguas provenientes de cuerpos de agua, para evaluar su efecto. Una prueba de toxicidad, usualmente mide la proporción de organismos afectados por su exposición a concentraciones específicas de dichas sustancias y aguas”.

3.4.18 Tiempo de exposición.

“Es el período al que se someten los organismos de prueba a las disoluciones de sustancias puras, combinadas o muestras de agua residual o cuerpos de agua en un bioensayo de toxicidad”.

3.4.19 Toxicidad.

“Potencial inherente o capacidad de una sustancia para causar efectos adversos en organismos vivos”.

3.4.20 Toxicidad aguda.

“Es el efecto que se manifiesta en los organismos de prueba, luego de exponerlos a las muestras problema por una sola vez, durante un período de 48 h”.

3.4.21 Tóxico.

“Es cualquier sustancia (pura o combinada) o efluente, que al entrar en contacto con los organismos produce daños estructurales, alteraciones bioquímicas o fisiológicas o incluso la muerte. La intensidad de su efecto depende de la concentración y del tiempo de exposición”.

3.4.22 Tóxico de referencia.

“Sustancia químicamente pura, utilizada en ensayos de toxicidad y cuyo efecto a una serie de dosis predeterminadas es conocida. Este es empleado como testigo en el control de la sensibilidad de los organismos de prueba, lo que permite respaldar las mediciones de toxicidad efectuada a muestras. La determinación regular de la toxicidad de dicha sustancia de referencia, permite dar seguimiento a la estabilidad de la respuesta de los organismos de prueba”.

3.4.23 Toxicología acuática.

“Es el estudio cualitativo y cuantitativo de los efectos adversos producidos por productos químicos y materiales antropogénicos sobre los organismos acuáticos”.

3.4.24 Unidades de toxicidad.

“Forma de expresar el grado de toxicidad de una muestra de la cual no se conoce la concentración de las sustancias que contiene. Es aplicable solo a descargas y mezclas complejas. Se calcula: $UT = 100 / CE$. En donde 100 es la concentración inicial de la muestra referida en por ciento”.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ámbito de estudio

El área de estudio fue la cuenca transfronteriza del Río Suches, misma que se encuentra ubicada en la jurisdicción del distrito de Cojata y Centro Poblado Trapique de la provincia de Huancané y San Antonio de Putina en el departamento de Puno.

Las comunidades de influencia directa dentro del área de estudio son: Comunidad Trapiche, Comunidad Aurora, Comunidad Quenajani, Comunidad Mallcunuta, Comunidad Chajana, Comunidad Huattapata, Comunidad Tumapiura, Comunidad Umabamba, Comunidad Paria Occopampa, Comunidad Ñeqtuni, Comunidad Villapampa.

La delimitación del área de estudio fue realizada juntamente con el Proyecto Especial Binacional del Lago Titicaca (PEBLT) y el Ministerio del Ambiente (MINAM); estos estudios se realizaron con ayuda de drones y vistas panorámicas satelitales.

Los análisis de laboratorio para metales pesados fueron realizados por el Laboratorio Analítico del Sur E.I.R.L. de la ciudad de Arequipa.

Los bioensayos de toxicidad aguda con la especie *Daphnia Pulex* se realizaron en el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) en su sede descentralizada ubicada en la ciudad de Puno.

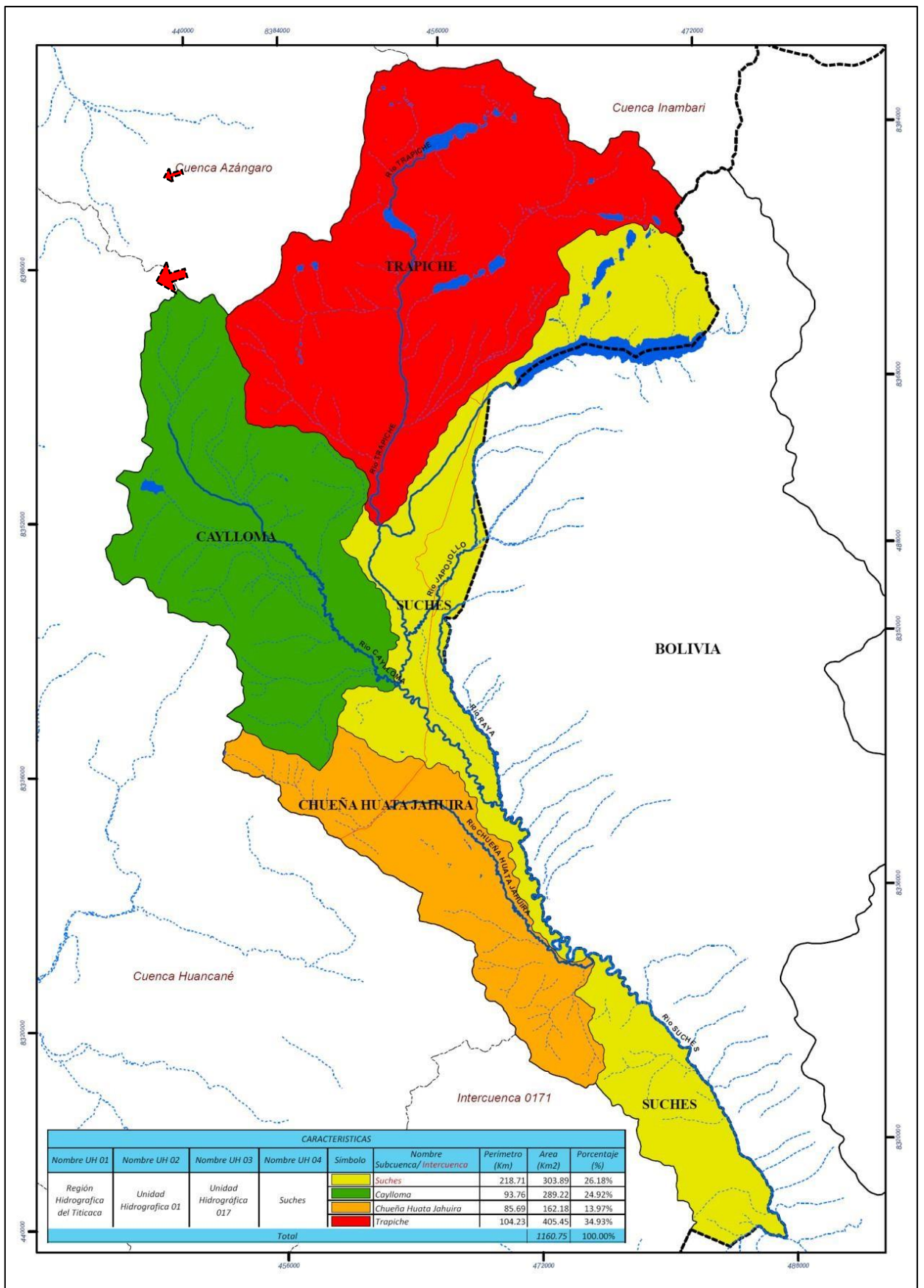


Figura 2. Mapa Hidrológico de la Cuenca Suches.
Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2010.

4.2 Muestras

Las muestras de sedimentos que fueron obtenidos de la Cuenca del Río Suches.

Las *Daphnias Pulex* fueron colectadas y obtenidas del Lago Titicaca y posteriormente trasladadas al laboratorio del IMARPE.

4.3 Equipos materiales e insumos

4.3.1 Equipos.

4.3.1.1 Fase 1 – Trabajo de Campo: Exploración del área de estudio

- Laptop
- Dron eBee RTK
- Cámara fotográfica Sony WX RGB

4.3.1.2 Fase 2 – Trabajo de Campo: Obtención de muestras – Análisis de Metales pesados

- Bolsas herméticas ziploc de 1 K
- pHmetro Hanna
- Multiparametro Hanna
- GPS Garmin

4.3.1.3 Fase 3 - Trabajo de Laboratorio: Bioensayo de Toxicidad Aguda

a) Extracción de Elutreado

- Balanza Analítica Hanna
- Centrifuga Hanna

b) Bioensayo de Toxicidad Aguda con *Daphnia Pulex*

- Multiparámetro Metler Toledo
- Termostato Hanna
- Microscopio Hanna
- Estereoscopio Hanna

4.3.2 Materiales e insumos.

4.3.2.1 Fase 1 – Trabajo de Campo: Exploración del área de estudio

- Programa QGIS
- Formatos de registro y campo

4.3.2.2 *Fase 2 – Trabajo de Campo: Obtención de muestras – Análisis de Metales pesados*

- Cooler
- Tablero
- Pizarra
- Plumón
- Lapicero
- Formatos de registro y campo
- Etiquetas
- Botas de PVC
- Guantes quirúrgicos descartables
- Mascarilla
- Cinta de embalaje

4.3.2.3 *Fase 3 - Trabajo de Laboratorio: Bioensayo de Toxicidad Aguda*

a) Preparación de la muestra: Elutreado

- Muestra de Sedimentos
- Diales
- Recipientes de polietileno de 2 L
- Embudo
- Papel filtro
- Matraz de 1L
- Soporte universal

b) Bioensayo de Toxicidad Aguda con *Daphnia Pulex*

- Malla de 300 mm
- Soga de 5 m
- Filtros de 500, 250 y 150 mm
- Baldes
- *Daphnia Pulex*
- Dicromato de potasio
- Agua destilada
- Pipetas de plástico de 3ml
- Pipetas de 10 ml
- Pissetas
- Dickers 100 ml
- Propipeta
- Vasos de polietileno estéril 50 ml

- Guantes quirúrgicos
- Mandil
- Mascarilla
- Cubre objetos
- Porta objetos
- Espátula
- Embudo de vidrio
- Placas Petri
- Pinza

4.4 Metodología experimental

4.4.1 Fase 1 – Trabajo de Campo Exploración del área de estudio.

Se realizó la exploración del área de estudio con la ayuda de un Dron Eevee y cámaras fotográficas incorporadas en este. Se realizó la teledetección del área donde la minería informal ha generado impactos ambientales, principalmente en el recurso edáfico e hídrico.



Figura 3. Equipo dron Eevee para la realización de fotogrametría.

Fuente: Ministerio del Ambiente - MINAM, 2017.

4.4.2 Fase 2 – Trabajo de Campo obtención de muestras.

Los puntos de muestreo fueron establecidos explícitamente en los tramos afectados por la actividad minera, se consideró la zona de mezcla para la ubicación de los puntos de acuerdo con las guías establecidas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2017), por lo que se ha previsto realizar un muestreo en cinco (05) puntos. El muestreo o recolección de sedimentos se llevó a cabo en el mes de febrero (época de lluvia) (ver tabla):

Tabla 5.

Puntos de muestreo de sedimentos en la cuenca del río Suches.

N°	Código Sedimento	Nombre del punto	Coordenadas		Zona
			X	Y	
1	MuSe-01	Laguna Suches	463521	8364382	19 L
2	*MuSe-02	Aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Trapiche	--	--	--
3	MuSe-03	Aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu	458766	8347243	19 L
4	MuSe-04	Aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma	459895	8343681	19 L
5	Muse-05	Intercuenca del río Suches Hito 8	463678	8339439	19 L

*No se logró obtener la muestra de este punto porque el lugar era inaccesible debido a las constantes precipitaciones pluviales.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. a. MuSe-01, laguna Suches; b. MuSe-03, aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu; c. MuSe-04, aguas debajo de la

Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma; d. Muse-05, intercuenca del río Suches Hito 8.

Fuente: Elaboración propia.

La colecta de muestras fue realizada por duplicado consecutivo, debido a que una de las muestras de cada punto fue destinada para el bioensayo toxicológico y la otra fue enviada para el análisis respectivo en los Laboratorios analíticos del Sur E.I.R.L (LAS) ubicado en la ciudad de Arequipa (acreditado por INACAL), los cuales fueron analizados mediante las siguientes metodologías:

- 7002 EPA 200.7 Determinación de Arsénico en suelos y Sedimentos (lixiviación acida) por ICV-OES.
- 7003 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en suelos y Sedimentos (lixiviación acida) por ICV-OES.
- 7022 EPA 200.7 Determinación de Mercurio en suelos y Sedimentos (lixiviación acida) por ICV-OES.



Figura 5. a. Envases etiquetados y rotulados; b. Muestras transportadas en cooler; c. Muestras de sedimentos.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Fase 3 - Trabajo de Laboratorio Bioensayo de Toxicidad Aguda.

4.4.3.1 Preparación de la muestra: Elutreado

Se realizó la extracción del elutreado a partir de las cuatro (04) muestras de sedimentos (MuSe-01, MuSe-03, MuSe-04, MuSe-05) obtenidas de la zona de estudios. La

extracción del elutreado fue realizado de acuerdo a la metodología establecida por Garmendia, Menchaca, Belzunce y Revilla (2009), el cual procede de la siguiente manera:

- Se pesó 250 gr de sedimentos con ayuda de una balanza analítica y se depositó en un envase de 1000 ml (estéril de PVC), posteriormente se le añadió 1000 ml de agua del lago filtrada (agua sin contaminación). Se procedió a mezclar y agitar durante 1 hora de manera manual y se preservó a 4° C.
- Pasados las 24 horas, con la ayuda de diales se centrifugó el compuesto a 3000 rpm durante 25 min.
- El agua sobrenadante fue filtrada con la ayuda de un embudo y se trasvasó a otro recipiente de 1000 ml (estéril de PVC); se preservaron las muestras nuevamente a 4° C.



Figura 6. a. y b. Pesado de muestras de sedimentos. c. Mezcla de sedimentos y agua de lago filtrado. d. Centrifugación de los compuestos. e. Filtrado del elutrado.
Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.2 Bioensayo de Toxicidad Aguda con *Daphnia Pulex*

Se trabajó con la Norma Técnica Chilena (NCh2083.Of1999) "Bioensayo de toxicidad aguda mediante la determinación de la inhibición de la movilidad de *Daphnia magna* o *Daphnia pulex*".

a) Captación y selección de *Daphnia Pulex*

La captación de *Daphnia Pulex* se realizó en las coordenadas 392828 (X), 8249591 (Y), Zona 19 L ubicado en el lago Titicaca con ayuda del personal del IMARPE, se hizo uso de una (01) sogá, una malla de 300 μm , filtros de 750 μm , 500 μm y 150 μm y baldes.

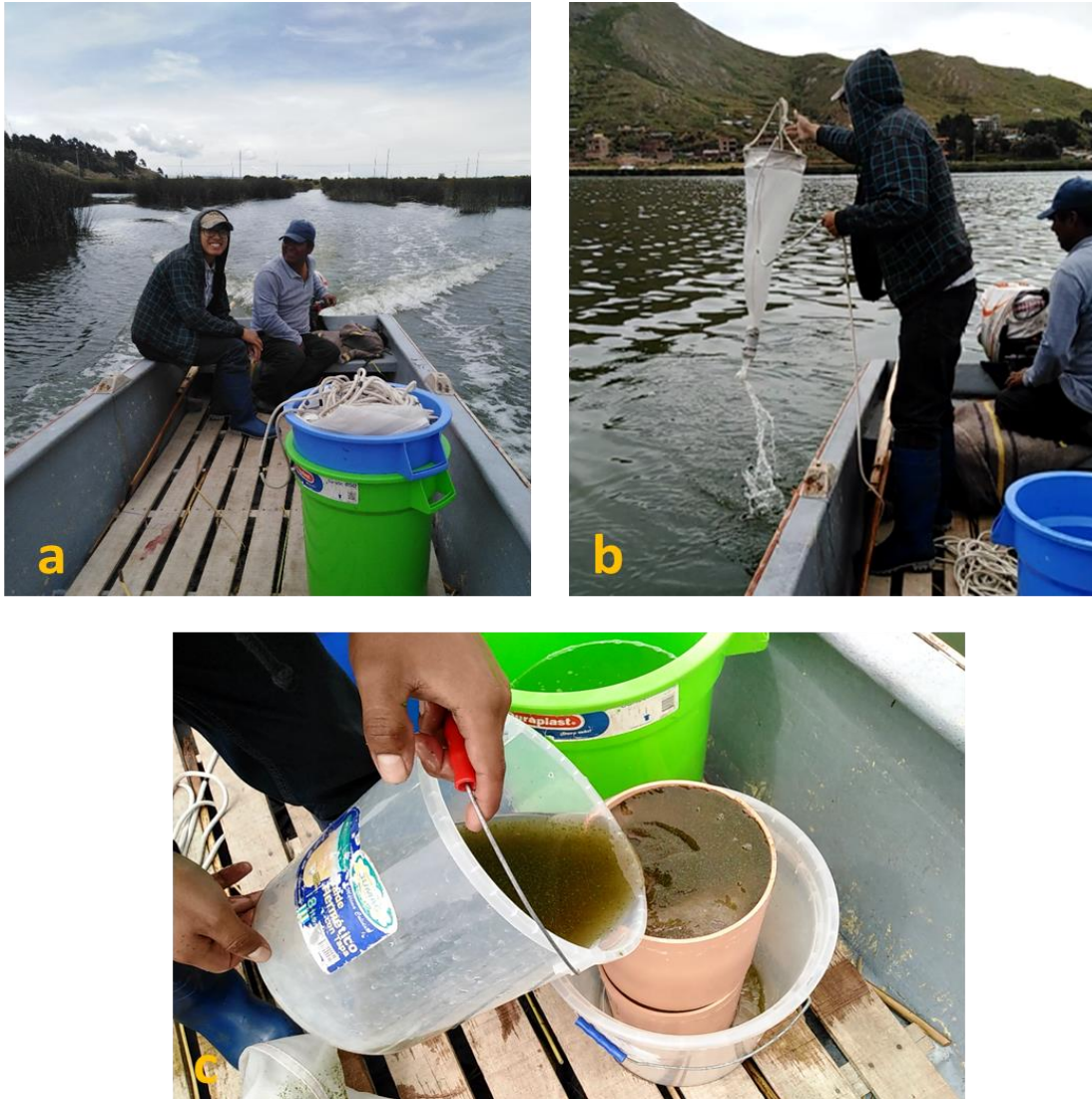


Figura 7. a. Transporte hasta el punto de captación; b. Captación de *Daphnia Pulex* con malla de 300 μm ; c. Filtrado de *Daphnia Pulex*.

Fuente: Elaboración propia.

Con la captación de *Daphnia Pulex* se realizó el traslado hacia los laboratorios del IMARPE; luego, estos fueron nuevamente filtrados para asegurar que se trabajaran con neonatos ≤ 24 horas de nacidos, por ello, usualmente se selecciona y trabaja con especies menores o iguales a 150 μm .

Se trasladó a otro recipiente a los dáfidos preseleccionados y no se les suministró alimento alguno para poder realizar los ensayos respectivos tal como lo indica el protocolo de bioensayos.



Figura 8. a. *Daphnia pulex* preseleccionadas; b. Observación microscópica de *Daphnia pulex*

Fuente: Elaboración propia.

En las observaciones microscópicas se determinó la existencia de rotíferos y copépodos, por ello se volvió a realizar otra preselección separando estos microcrustáceos y seleccionando los cladóceros (*Daphnia pulex*) con ayuda de pipetas Pasteur y el estereoscopio.

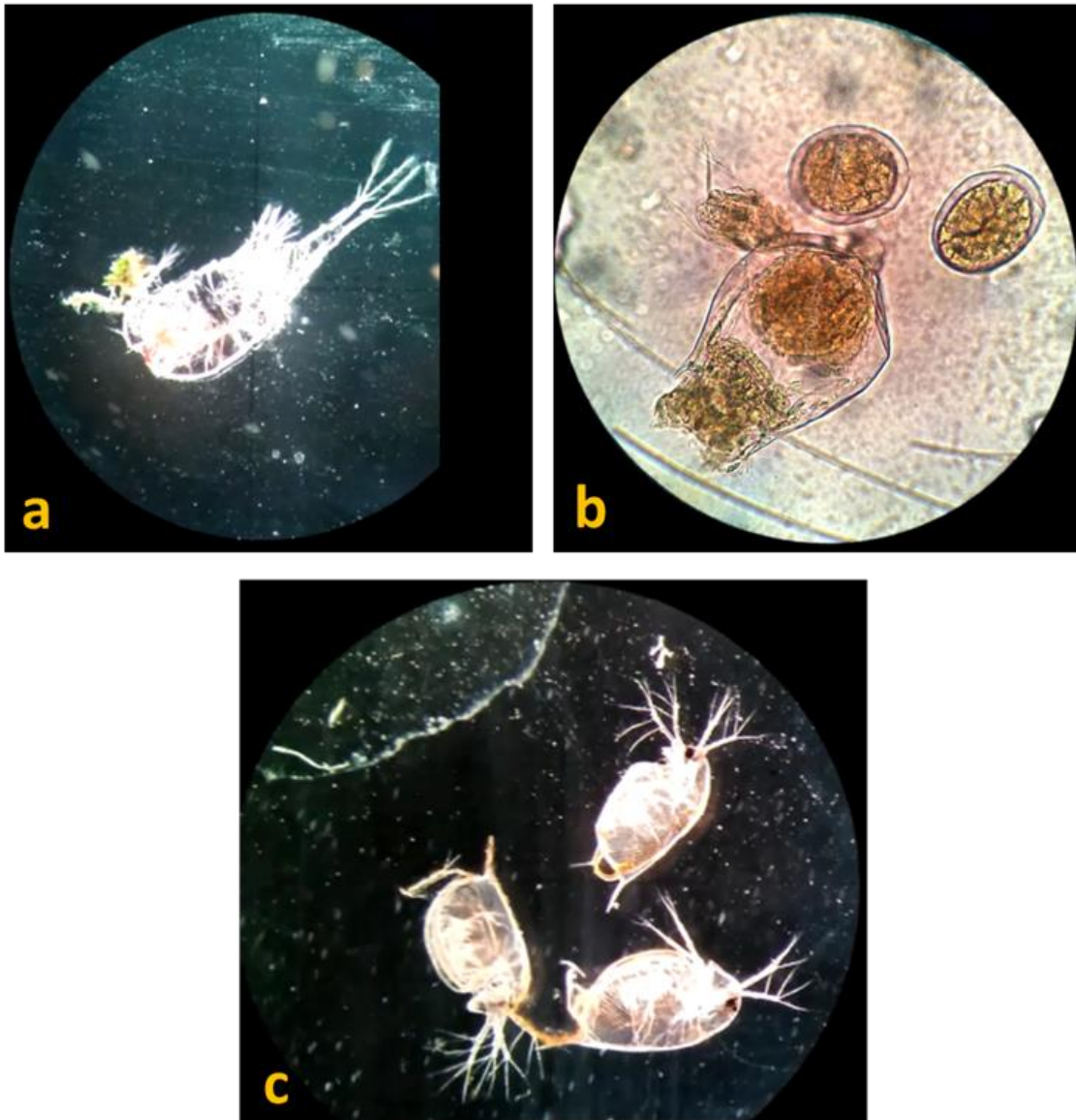


Figura 9. a. Copépodos; b. Rotíferos, c. Cladóceros.

Fuente: Elaboración propia.

b) Pruebas preliminares o Screening test

En este proceso se prepararon cuatro (04) tratamientos por cada muestra sin replicas, obteniendo un total de 16 diluciones al 100%, 50%, 10% y 1%.

En un envase de PVC estéril se añadieron 30 ml de cada una de las diluciones y 10 neonatos. El conteo fue realizado pasadas las 24 y 48 horas.

Tabla 6.

Preparación de tratamientos y bioensayos preliminares

Muestra	Proceso	T 1	T2	T3	T4
		100%	50%	10%	1%
MuSe-1	Elutreado	30 ml	30 ml	30 ml	30 ml
	Daphnias vivas	10	10	10	10
MuSe-3	Elutreado	30 ml	30 ml	30 ml	30 ml
	Daphnias vivas	10	10	10	10
MuSe-4	Elutreado	30 ml	30 ml	30 ml	30 ml
	Daphnias vivas	10	10	10	10
MuSe-5	Elutreado	30 ml	30 ml	30 ml	30 ml
	Daphnias vivas	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de las pruebas preliminares se realizó de acuerdo con las condiciones recomendadas para las pruebas con *Daphnia* establecidos por la USEPA (1989).

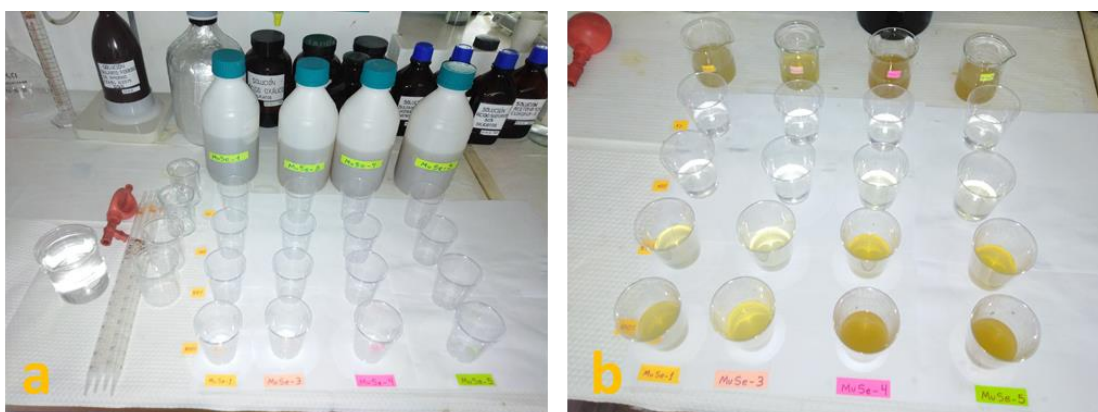


Figura 10. a. Materiales para las pruebas preliminares; b. Pruebas preliminares de las muestras al 100%, 50%, 10% y 1%.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez culminado las pruebas preliminares se realizó el conteo de *Daphnias* muertas con la ayuda del estereoscopio, placas Petri y pipetas Pasteur. El desarrollo de este proceso ayudó a determinar cuáles son los porcentajes con los que se trabajará para las diluciones respectivas a aplicar en las pruebas definitivas.

d) Pruebas Definitivas

Se determinó que para la MuSe-01 se trabajaría en un rango de porcentaje de 50% - 10%, para la MuSe-03 de 60% - 30%, para la MuSe-04 de 70% - 30% y para la MuSe-05 de 80% – 40% (ver tablas):

Tabla 7.

Preparación de tratamientos de la MuSe-01 en la Laguna Suches.

		MuSe-01														
Proceso	Unidad	T1 - 50%			T2 - 40%			T3 - 30%			T4 - 20%			T5 - 10%		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Elutreado (a)	ml	15			12			9			6			3		
Agua de Lago (b)	ml	15			18			21			24			27		
Total dilución (a+b)	ml	30			30			30			30			30		
Daphnias Vivas	ind.	10			10			10			10			10		

48 horas de exposición

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.

Preparación de tratamientos de la MuSe-02, aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu.

		MuSe-03														
Proceso	Unidad	T1 - 60%			T2 - 50%			T3 - 40%			T4 - 30%			T5 - 20%		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Elutreado (a)	ml	18			15			12			9			6		
Agua de Lago (b)	ml	12			15			18			21			24		
Total dilución (a+b)	ml	30			30			30			30			30		
Daphnias Vivas	ind	10			10			10			10			10		

48 horas de exposición

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.

Preparación de tratamientos de la MuSe-04, aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma.

Proceso	Unidad	MuSe-04														
		T1 - 70%			T2 - 60%			T3 - 50%			T4 - 40%			T5 - 30%		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Elutreado (a)	ml	21			18			15			12			9		
Agua de Lago (b)	ml	9			12			15			18			21		
Total dilución (a+b)	ml	30			30			30			30			30		
Daphnias Vivas	indiv	10			10			10			10			10		

48 horas de exposición

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.

Preparación de tratamientos de la MuSe-05, intercuenca del río Suches Hito 8.

Proceso	Unidad	MuSe-05														
		T1 - 80%			T2 - 70%			T3 - 60%			T4 - 50%			T5 - 40%		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Elutreado (a)	ml	24			21			18			15			12		
Agua de Lago (b)	ml	6			9			12			15			18		
Total dilución (a+b)	ml	30			30			30			30			30		
Daphnias Vivas	indiv	10			10			10			10			10		

48 horas de exposición

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el análisis de parámetros de pH, OD y T° previo a la ejecución de los bioensayos de todas las diluciones.



Figura 11. a. Multiparámetro Metler Toledo; b. Medición de parámetros de pH, T°, OD de todas las diluciones.

Fuente: Elaboración propia.

En un vaso de PVC estéril se añadieron las concentraciones descritas en las tablas anteriores y se expusieron 10 neonatos por dilución, por cada muestra de sedimentos se establecieron cinco (05) tratamientos y cada uno de estos se realizó por triplicado consecutivo obteniendo así un total de 60 bioensayos. Adicionalmente se realizaron los ensayos de control positivo con agua de lago filtrada y el control negativo con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), estos también fueron realizados por triplicado consecutivo.

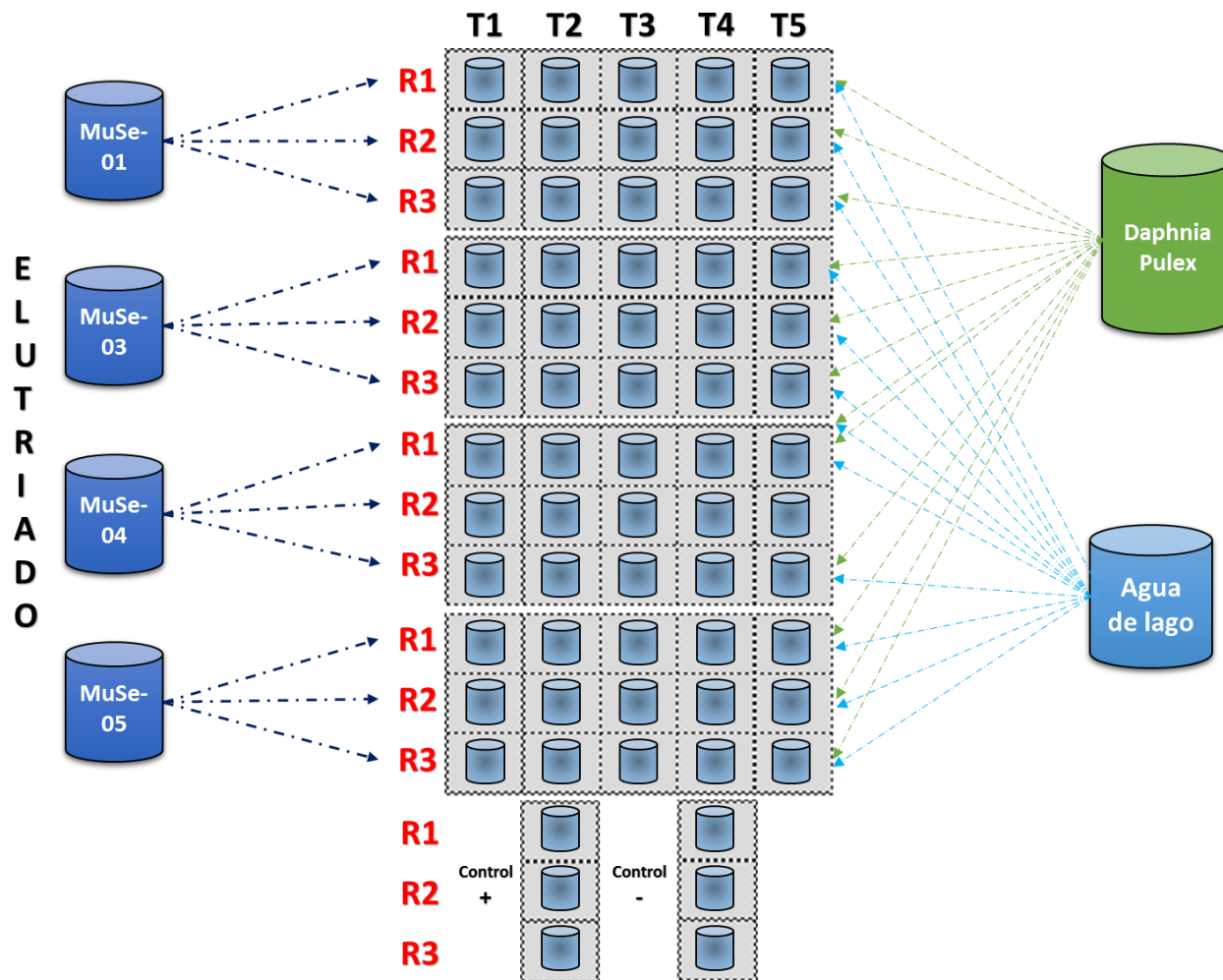


Figura 12. Diagrama de preparación de tratamientos y diluciones.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. a. Bioensayos de la MuSe-01; b. Bioensayos de la MuSe-03; c. Bioensayos de la MuSe-04; d. Bioensayos de la MuSe-05; e. Pruebas de control positivo y negativo; f. Pruebas definitivas.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Variables de Estudio

4.5.1 Variables Independientes o Causales.

Muestras de Sedimentos (elutreados).

4.5.2 Variables Intervinientes o Desconcertante.

Control del cumplimiento de protocolos de ensayos laboratoriales.

Condiciones laborales y climáticas.

Calibración de equipos de medición.

4.5.3 Variables Dependientes o Efecto.

Ecotoxicidad de la especie *Daphnia pulex*.

4.6 Formulación de hipótesis.

H1: Las unidades de toxicidad de los sedimentos de la cuenca del río Suches presentan niveles de tóxico a muy tóxico.

4.7 Estudio y diseño de investigación.

La presente, es una investigación cuantitativa, pertenece al diseño experimental completamente al azar (DCA), ya que se manipulan las variables independientes. Por otro lado, es probatorio porque necesita análisis fisicoquímicos y mediciones en laboratorio para obtener resultados.

Dónde:

Y_{ij} = "Variable de respuesta (mortalidad)".

μ = "Promedio general".

τ_i = "Efecto de la i-ésima concentración de la muestra".

ε_{ij} = "Efecto del error experimental".

Los resultados se trabajaron con un nivel de confiabilidad del 95 por ciento; empleando el estadístico Probit.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados

5.1.1 Fase 1 – Trabajo de Campo: Exploración del área de estudio

Al realizar el sobrevuelo del área en estudio con la ayuda del Drone Eevee, a través del cual se obtuvo el siguiente material videográfico que se encuentra disponible en la web con el link <https://www.youtube.com/watch?v=YAwobliieVI>

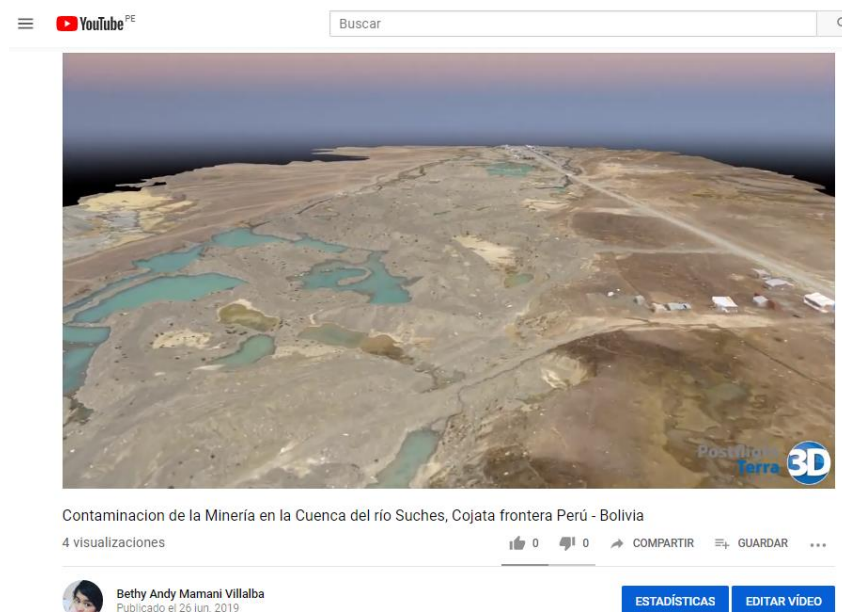


Figura 15. Fase 1 – Trabajo de Campo: Exploración del área de estudio

Fuente: Elaboración propia.

A partir de esta observación fotogramétrica, se pudo realizar la identificación de la problemática actual relacionada a la contaminación de la cuenca del río Suches, las causas y efectos en la población de influencia directa.

El río Suches nace de la Laguna Suches, misma que se forma por el derretimiento del Nevado Palomani, posteriormente el río Suches atraviesa por 11 comunidades:

Comunidad Trapiche, Comunidad Aurora, Comunidad Quenajani, Comunidad Mallcunuta, Comunidad Chajana, Comunidad Huattapata, Comunidad Tumapiura, Comunidad Umabamba, Comunidad Paria Occopampa, Comunidad Ñeqtuni, Comunidad Villapampa. La denominación del río Suches cambia de acuerdo al lugar de la comunidad por la que transcurre.

La principal actividad económica desarrollada por la comunidad rural es la ganadería, que consta de la crianza de ovinos y camélidos sudamericanos; sin embargo, en los últimos años se ha venido implementando la crianza de vicuñas en cautiverio que viene siendo implementado por el proyecto vicuñas de la Dirección Regional Agraria Puno. Es importante mencionar que en la Laguna Suches se viene desarrollando la actividad minera informal e ilegal, estas son cooperativas mineras, las cuales no cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales y disposición adecuada de aguas ácidas y relaves, realizando la conexión directa de sus residuos líquidos y relaves a la Laguna Suches. A lo largo de la cuenca se encuentra la Mina Perlas de Oro, Mina Suches y algunas cooperativas mineras que se encuentran en el lado boliviano, estas también contribuyen a la contaminación de la cuenca del río Suches.

La población rural que se manifiesta, indica que el desarrollo de la minería ha generado impactos negativos en su principal actividad económica y su calidad de vida, debido a que las aguas de la cuenca del río Suches son destinadas para bebida de animales, por las características climatológicas de la zona de estudio, la población no se dedica a la agricultura, por ende, su principal actividad económica es la ganadería.

La minería ha impactado también en el recurso edáfico a través de la remoción de suelos y pérdida de cobertura vegetal por la disposición directa de relaves, lo cual ha conllevado a la deforestación y erosión de los suelos. Se ha identificado también que la geografía ha sido modificada generando la destrucción del paisaje.

El impacto directo generado, es la contaminación de la cuenca del río Suches y la degradación del ecosistema acuático; las consecuencias indirectas afectan principalmente a la flora, fauna y la salud humana, debido a que uno de los residuos principales de la actividad minera es el mercurio, este metal pesado presenta características de persistencia en el medio ambiente ya que no es biodegradable, al contrario este se bioacumula y puede ser transformado en metilmercurio la cual es su forma más tóxica.

La disposición directa de relaves y aguas ácidas en la cuenca del río Suches incrementa la turbidez del agua, este proceso obstaculiza el desarrollo del ciclo de la cadena trófica, ya que la turbidez impide el ingreso de rayos UV dificultando el adecuado proceso

fotosintético, condicionando también la distribución y reproducción de flora y fauna acuática.

Los sedimentos y relaves presentes en la cuenca precipitan en la superficie del cuerpo de agua, albergando metales pesados; es importante resaltar que en época de estiaje el caudal del río es casi laminar, sin embargo; en época de lluvias el caudal es turbulento, generando de esta manera la remoción, dispersión y dilución de los contaminantes albergados en los sedimentos del cuerpo de agua; es así que se genera la contaminación del recurso hídrico a lo largo de la cuenca.

5.1.2 Fase 2 – Trabajo de Campo obtención de muestras: Análisis de Metales pesados.

5.1.2.1 Resultados de Ensayos de laboratorio

Los resultados de la evaluación de metales pesados en sedimentos del río Suches se muestran en las siguientes tablas, la unidad de medida en todos los casos es de mg/Kg (ver anexos 1, 2, 3 y 4):

Tabla 11.

Resultados de análisis de metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Suches

N°	Cód. Muestra	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr
1	MuSe-01	a<0.24	>10000	2.931	14.95	155.24	0.47	37	4.18	7.93	24.69
3	MuSe-03	a<0.24	>10000	1.496	9.61	147.13	0.56	51	6.52	9.35	32.94
4	MuSe-04	a<0.24	>10000	a<0.12	10.17	141.80	0.49	47	4.29	7.38	20.66
5	MuSe-05	a<0.24	>10000	a<0.12	15.17	184.53	0.63	75	4.65	8.53	23.81

a<: valores menores

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12.

Resultados de análisis de metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Suches

N°	Cód. Muestra	Cu	Fe	Hg	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni
1	MuSe-01	27.54	>10000	0.46	5580	19.88	3166	284.28	a<0.038	473	17.60
3	MuSe-03	27.67	>10000	0.27	5890	31.06	3335	264.58	a<0.038	494	24.20
4	MuSe-04	21.70	>10000	0.06	5910	25.30	2378	248.36	a<0.038	438	15.15
5	MuSe-05	38.24	>10000	a<0.04	7770	31.16	2743	310.56	a<0.038	648	17.08

a<: valores menores

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.

Resultados de análisis de metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Suches

N°	Cód. Muestra	P	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn
1	MuSe-01	407.5	2.72	a<0.049	a<0.2	a<0.08	40.40	189.87	a<0.13	32.97	46.73
3	MuSe-03	361.8	9.78	a<0.049	a<0.2	0.47	17.10	77.58	a<0.13	36.48	60.31
4	MuSe-04	322.4	a<0.26	0.42	a<0.2	a<0.08	19.03	100.48	a<0.13	33.15	40.38
5	MuSe-05	366.6	a<0.26	a<0.049	a<0.2	0.14	23.84	134.79	a<0.13	40.78	47.17

a<: valores menores.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16 se observa los niveles del Grupo IA de la Familia de metales alcalinos presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, el K (potasio) es el elemento con concentraciones más altas, la concentración más baja es de 5580 mg/kg (MuSe-01) y la concentración más alta es de 7770 mg/kg (MuSe-05); en referencia al Na (sodio) la concentración más baja es de 438 mg/kg (MuSe-04) y la concentración más alta es de 648 mg/kg (MuSe-05); en referencia al Li (Litio), la concentración más baja es de 19.88 mg/kg (MuSe-01) y la concentración más alta es de 31.16 mg/kg (MuSe-05).

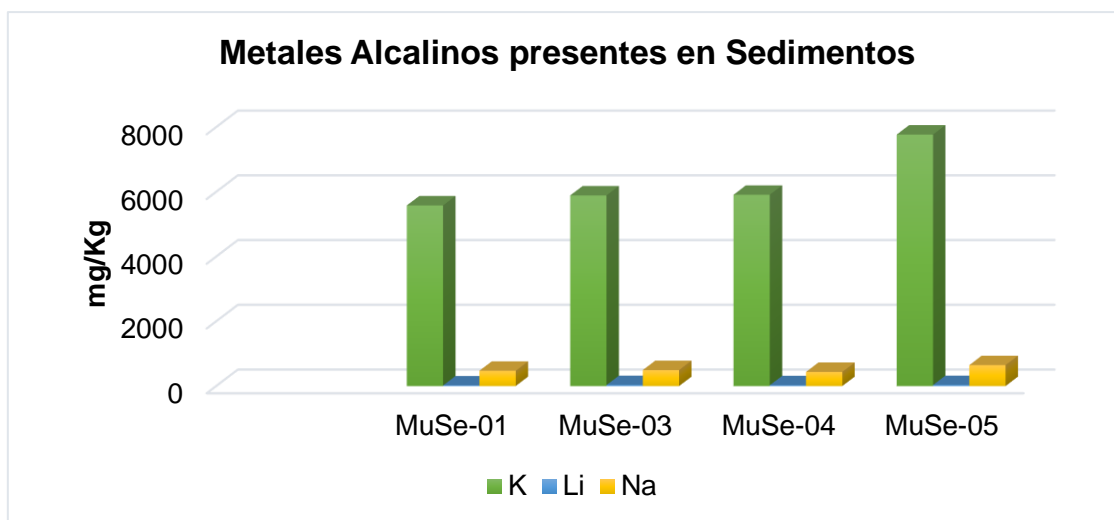


Figura 16. Metales Alcalinos presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17 se observa los niveles del Grupo II A de la Familia de metales alcalinotérreos presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, el Ca (calcio) es el elemento con la concentración más alta, la concentración más baja es de 486 mg/kg (MuSe-04) y la concentración más alta es de 3750 mg/kg (MuSe-01); en referencia al Mg (magnesio) la concentración más baja es de 2378 mg/kg (MuSe-04) y la concentración más alta es de 3335 mg/kg (MuSe-03); en referencia al Ba (Bario), la concentración más baja es de 141.80 mg/kg (MuSe-04) y la concentración más alta es de 184.53 mg/kg (MuSe-05); en referencia al Sr (Estroncio), la concentración más baja es de 17.10 mg/kg (MuSe-03) y la concentración más alta es de 40.40 mg/kg (MuSe-01); en referencia al Be (Berilio), la concentración más baja es de 0.47 mg/kg (MuSe-01) y la concentración más alta es de 0.64 mg/kg (MuSe-05).

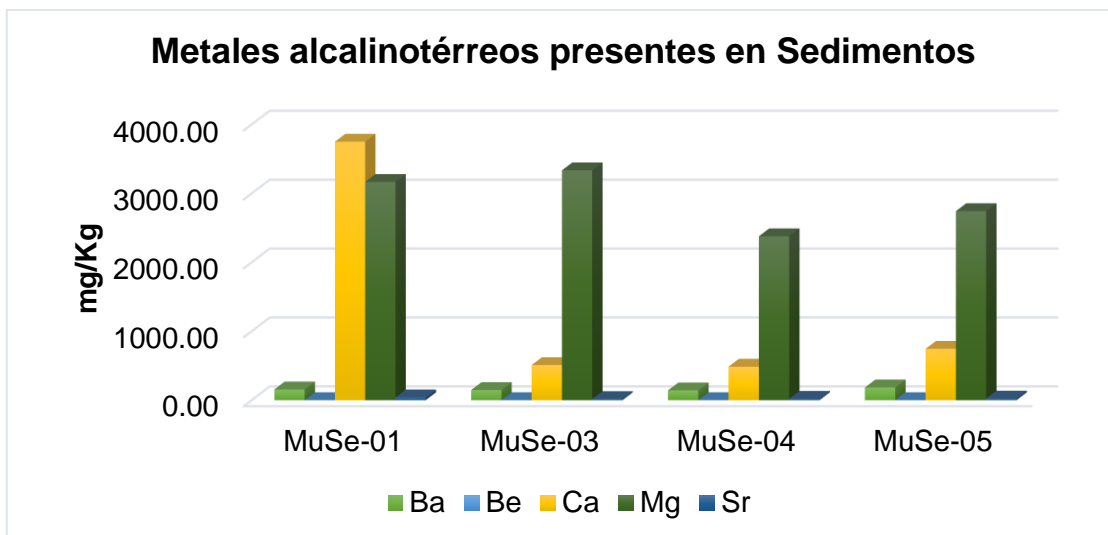


Figura 17. Metales Alcalinotérreos presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18 se observa los niveles del Grupo IV B de la Familia del Titanio presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración más alta del Ti (titanio) es de 189.9 mg/kg (MuSe-01) y la concentración más baja es de 77.6 mg/kg (MuSe-03).

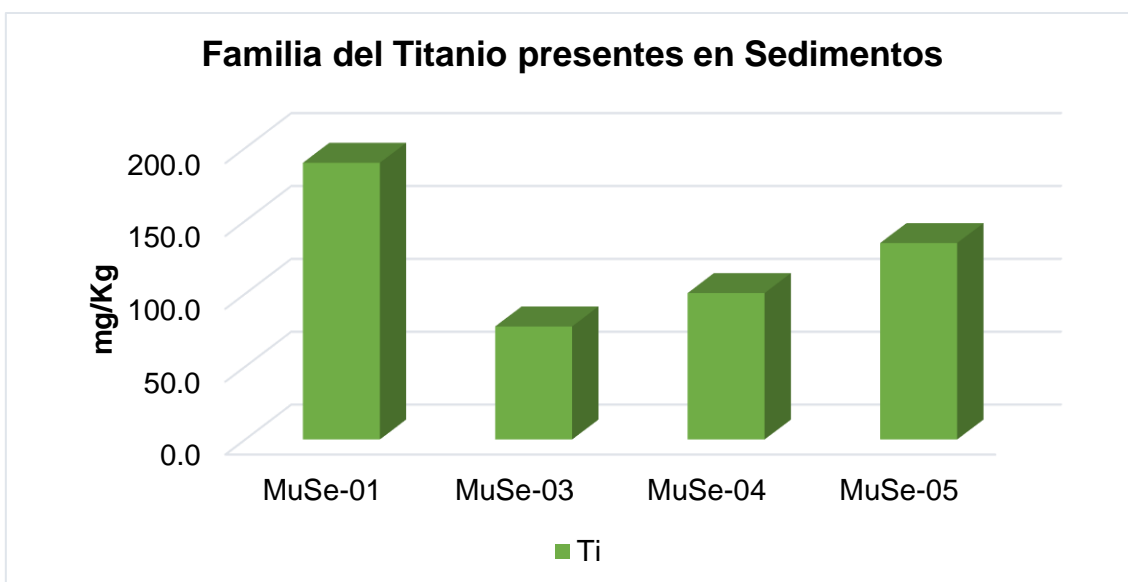


Figura 18. Familia del Titanio presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 19 se observa los niveles del Grupo V B de la Familia del Vanadio presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración más baja del V (Vanadio) es de 32.97 mg/kg (MuSe-01) y la concentración más alta es de 40.78 mg/kg (MuSe-05).

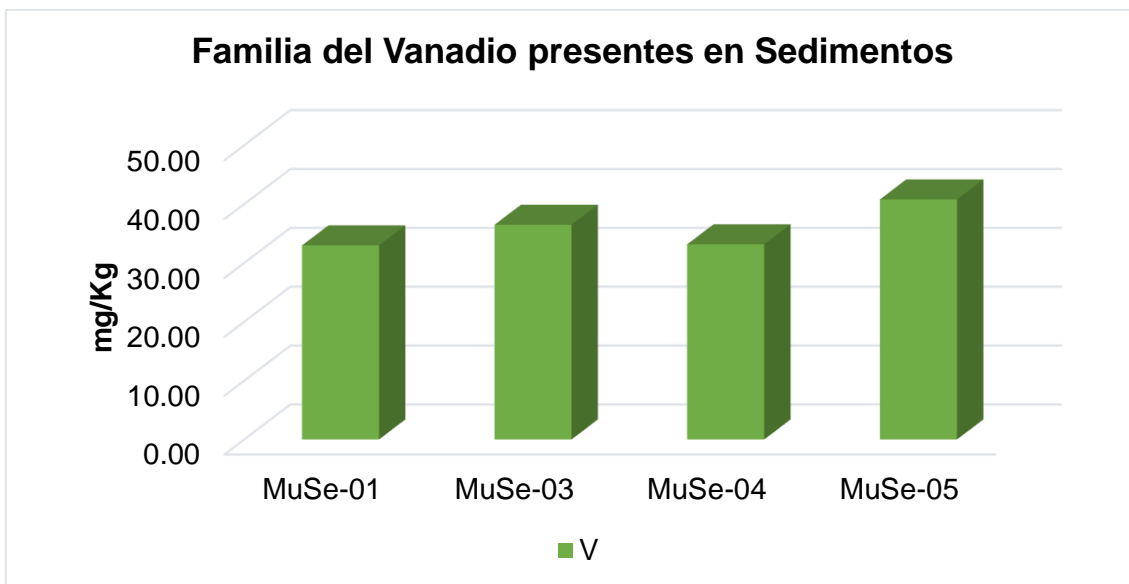


Figura 19. Familia del Vanadio presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 20 se observa los niveles del Grupo VI B de la Familia del Cromo presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración más alta de Cr (Cromo) es de 32.94 mg/kg (MuSe-03) y la concentración más baja es de 20.67 mg/kg (MuSe-04), en referencia al Mo (Molibdeno) las concentraciones en todas las muestras son menores a 0.038 mg/kg en todas las muestras.

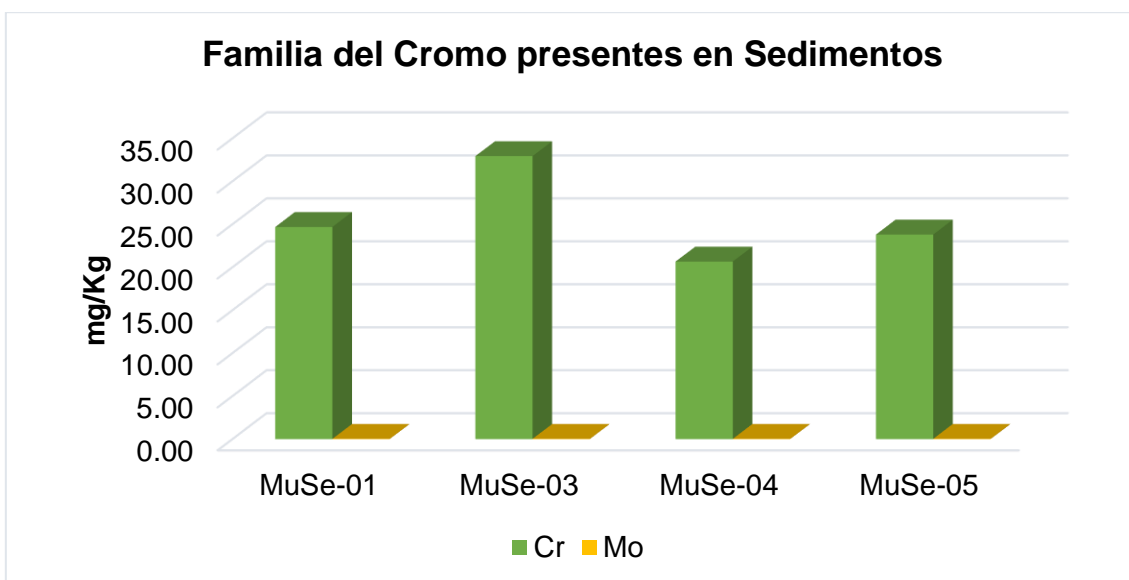


Figura 20. Familia del Cromo presentes en Sedimentos de la cuenca del rio Suches
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 21 se observa los niveles del Grupo VIIB de la Familia del Manganeso presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración

más alta de Mn (Manganeso) es de 310.56 mg/kg (MuSe-05) y la concentración más baja es de 248.36 mg/kg (MuSe-04).

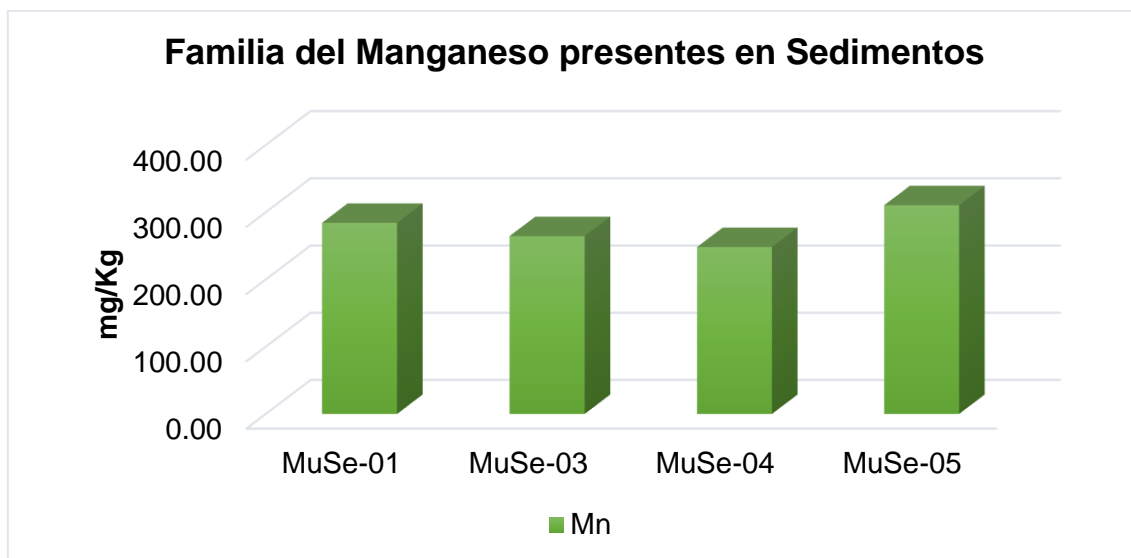


Figura 21. Familia del Manganeso presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22 se observa los niveles del Grupo VIII B de la Familia del Hierro, Cobalto, Níquel presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración de Fe (Hierro) son mayores a >10000 mg/kg en todas las muestras; la concentración más alta de Co (Cobalto) es de 9.35 mg/kg (MuSe-03) y la concentración más baja es de 7.38 mg/kg (MuSe-04); en referencia al Ni (Níquel) la concentración más alta es de 24.27 mg/kg (MuSe-03) y la concentración más baja es de 15.15 mg/kg (MuSe-04).

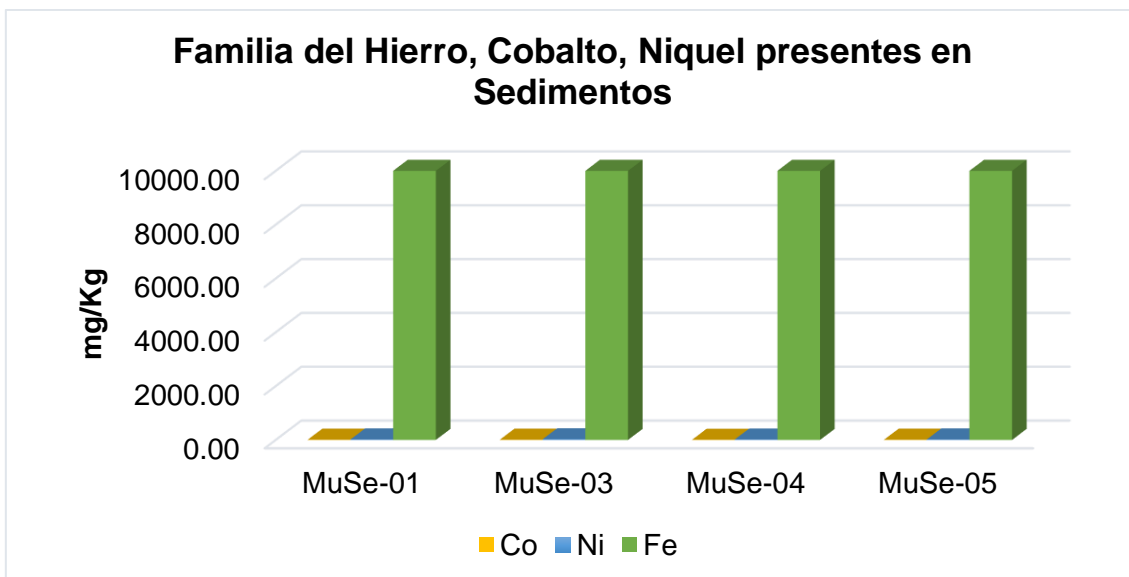


Figura 22. Familia del Hierro, Cobalto y Níquel presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23 se observa los niveles del Grupo I B de la Familia del Cobre presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración más alta de Cu (Cobre) es de 38.24 mg/kg (MuSe-05) y la concentración más baja es de 27.70 mg/kg (MuSe-04); en referencia a la Ag (Plata) las concentraciones son menores a 0.24 mg/kg en todas las muestras.

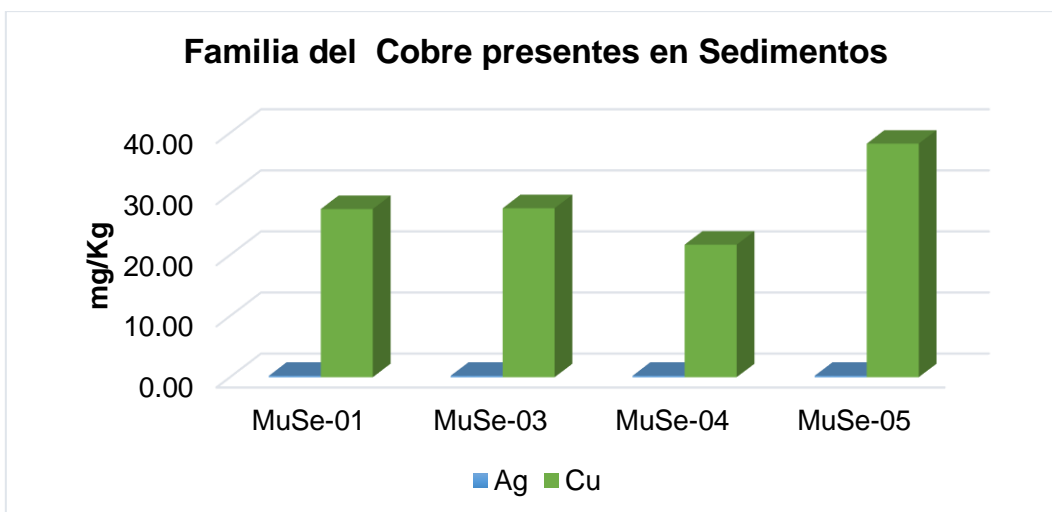


Figura 23. Familia del Cobre presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 24 se observa los niveles del Grupo II B de la Familia del Zinc presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración más alta de Zn (Zinc) es de 60.31 mg/kg (MuSe-03) y la concentración más baja es de 40.38 mg/kg

(MuSe-04); en referencia al Hg (Mercurio) la concentración más alta de es de 0.46 mg/kg (MuSe-01) y la concentración más baja es <0.041 mg/kg (MuSe-05); en referencia al Cadmio (Cd) la concentración más alta de es de 6.52 mg/kg (MuSe-03) y la concentración más baja es 4.18 mg/kg (MuSe-01).

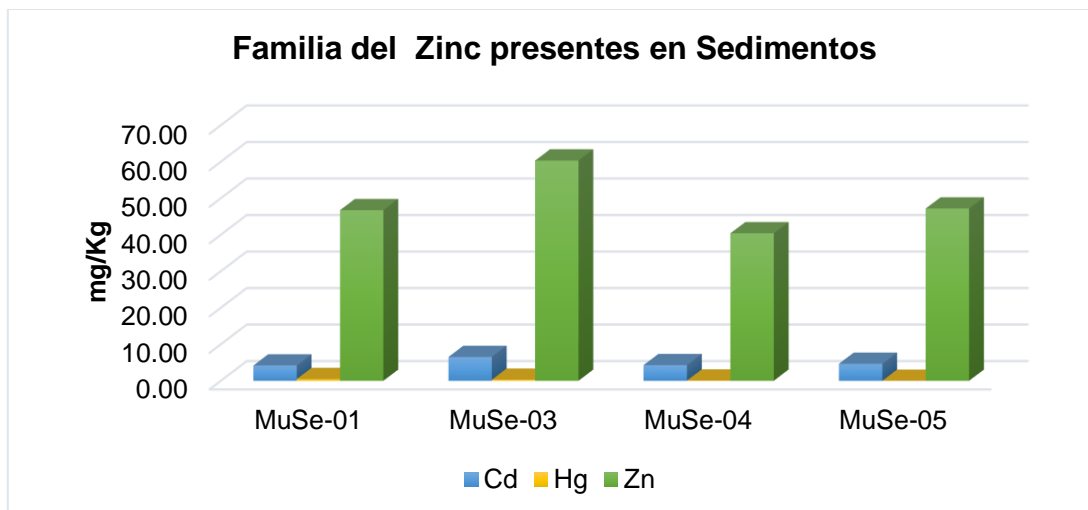


Figura 24. Familia del Cobre presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25 se observa los niveles del Grupo III A de la Familia de los Térreos presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración del Al (Aluminio) se encuentra <1000 mg/kg en todas las muestras; en referencia al B (Boro) la concentración más alta es 15.17 mg/kg (MuSe-05) y la concentración más baja es de 9.62 mg/kg (MuSe-03) y finalmente la concentración de TI (Talio) es <0.13 en todas las muestras.

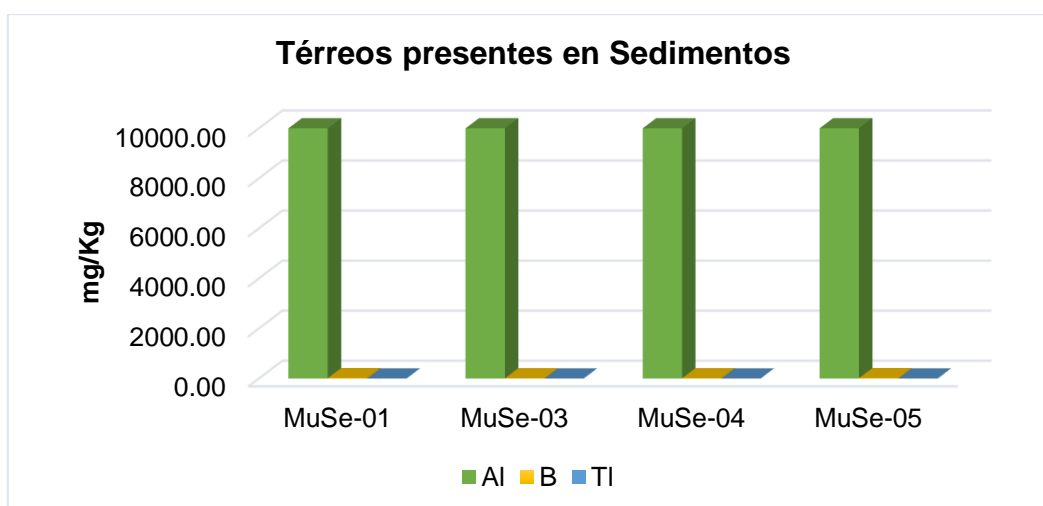


Figura 25. Familia de los terreos presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26 se observa los niveles del Grupo IV A de la Familia de los Carbonoides presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración más alta de Pb (Plomo) es de 9.78 mg/kg (MuSe-03) y la concentración más baja es de 0.26 mg/kg (MuSe-04 y MuSe-05); en referencia al Sn (Estaño) la concentración más alta es de 0.49 mg/kg (MuSe-03) y la concentración más baja es de 0.09 mg/kg (MuSe-01 y MuSe-04).

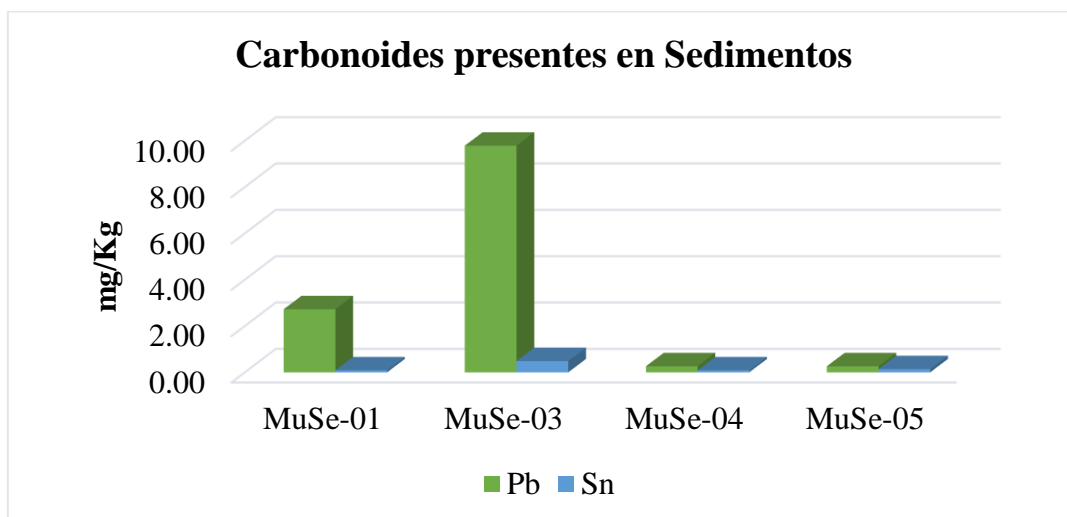


Figura 26. Familia de los Carbonoides presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 27 se observa los niveles del Grupo V A de la Familia de los Nitrogenoides presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración más alta de P (Fosforo) es de 404.50 mg/kg (MuSe-01) y la concentración más baja es de 322.40 mg/kg (MuSe-04); en referencia al As (Arsénico) la concentración más alta es de 2.93 mg/kg (MuSe-01) y la concentración más baja es de 0.12 mg/kg (MuSe-04 y MuSe-05) y en referencia al Sb (Antimonio) la concentración más alta es de 0.42 mg/kg (MuSe-04) y la concentración más baja es <0.049 mg/kg (MuSe-01, MuSe-03 y MuSe-05).

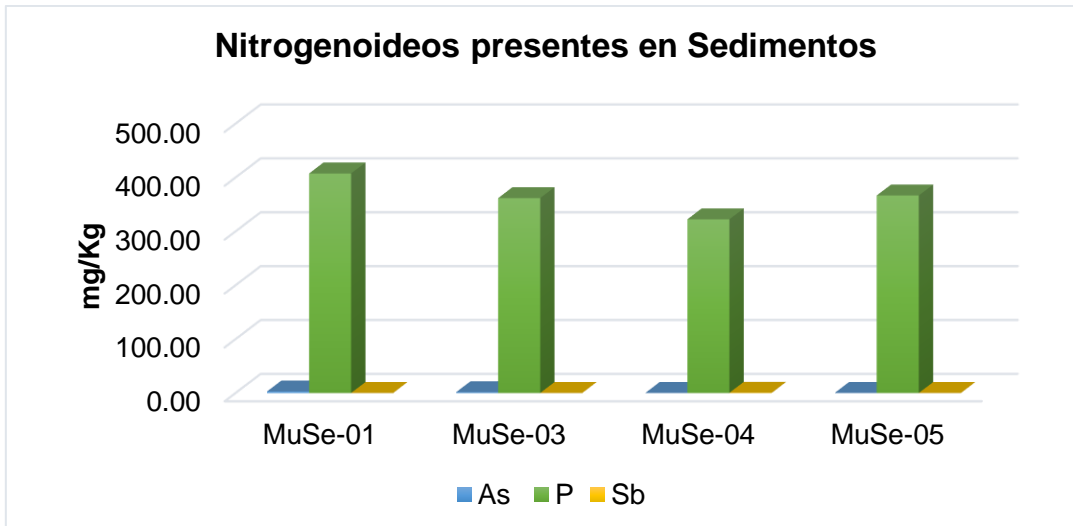


Figura 27. Familia de los Nitrogenoideos presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 28 se observa los niveles del Grupo VI A de la Familia de los Calcógenos o Anfígenos presentes en las muestras de sedimentos de la cuenca del río Suches, la concentración de Se (Selenio) es <math><0.2 \text{ mg/kg}</math> en todas las muestras.

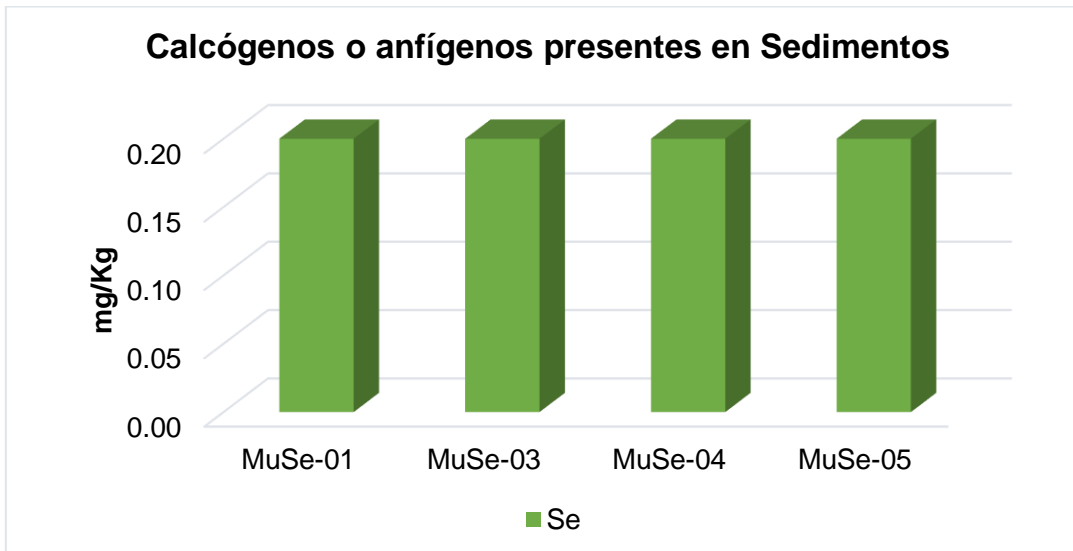


Figura 28. Familia de los Calcógenos o Anfígenos presentes en Sedimentos de la cuenca del río Suches.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.2 Análisis físico-químico de los tratamientos

Previo a la exposición de los organismos de prueba a los 5 tratamientos de elutreados de cada muestra, se realizó el análisis de los parámetros físicoquímicos de pH, T° y OD; con la finalidad de determinar si los cambios de los parámetros físicoquímicos pueden ser afectados por las diferentes concentraciones o diluciones de los elutreados obtenidos a partir de las muestras de sedimentos; a continuación, se muestran los resultados de estos análisis:

Tabla 14.

Resultados de parámetros físicoquímicos de los tratamientos de elutreados a los que fueron expuestos los organismos de prueba

Parámetros	MuSe-01				
	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7.7	7.8	8.5	8.1	8.2
T°	18.2	18.2	18.2	18.2	18.3
OD	5.4	5.4	5.3	5.4	5.4
Parámetros	MuSe-03				
	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7.9	7.9	8.1	8.2	8.3
T°	18.1	18.1	18.2	18.3	18.4
OD	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Parámetros	MuSe-04				
	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7.8	7.8	7.9	8.0	8.0
T°	18.2	18.2	18.2	18.3	18.4
OD	5.4	5.3	5.3	5.2	5.2
Parámetros	MuSe-05				
	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1
T°	18.0	18.0	18.2	18.5	18.6
OD	5.1	5.4	5.4	5.4	5.4

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se puede apreciar que los niveles de pH de las muestras en los 5 tratamientos cambian por la concentración del elutreado (compuesto), es decir entre más se diluye el compuesto más tendencia muestra a ser alcalino. En referencia a la Temperatura no se muestran diferencias marcadas o tendencia de cambio en relación con las diluciones de cada tratamiento. Así mismo se puede observar que el oxígeno disuelto no muestra una tendencia clara a cambios relacionados a las diferentes diluciones o tratamientos.

5.1.2.3 Comparación de resultados con normativa internacional

Tabla 15.

Comparación de resultados del MuSe-01 con los Lineamientos de la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática.

Parámetros		Unidad de medida	Límites máximos permisibles		MuSe-01	Cumple	
Símbolo	Nombre del elemento		*ISQG	*PEL		*ISQG	*PEL
As	Arsénico	mg/kg	5.9	17	2.931	Si	Si
Cd	Cadmio	mg/kg	0.6	3.5	4.1818	No	No
Cr	Cromo total	mg/kg	37.3	90	24.693	Si	Si
Cu	Cobre	mg/kg	35.7	197	27.54	Si	Si
Pb	Plomo	mg/kg	35	91.3	2.722	Si	Si
Hg	Mercurio	mg/kg	0.17	0.486	0.46343	No	Si
Zn	Zinc	mg/kg	123	315	46.73	Si	Si

*ISQG: International Standard for Quality Guidelines.

*PEL: Probable Effect Level.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.

Comparación de resultados del MuSe-03 con los Lineamientos de la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática.

Parámetros		Unidad de medida	Límites máximos permisibles		MuSe-03	Cumple	
Símbolo	Nombre del elemento		*ISQG	*PEL		*ISQG	*PEL
As	Arsénico	mg/kg	5.9	17	1.496	Si	Si
Cd	Cadmio	mg/kg	0.6	3.5	6.5201	No	No
Cr	Cromo total	mg/kg	37.3	90	32.938	Si	Si
Cu	Cobre	mg/kg	35.7	197	27.67	Si	Si
Pb	Plomo	mg/kg	35	91.3	9.784	Si	Si
Hg	Mercurio	mg/kg	0.17	0.486	0.27516	No	Si
Zn	Zinc	mg/kg	123	315	60.31	Si	Si

*ISQG: International Standard for Quality Guidelines.

*PEL: Probable Effect Level.

a<: valores menores

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

Comparación de resultados del MuSe-04 con los Lineamientos de la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática.

Parámetros		Unidad de medida	Límites máximos permisibles		MuSe-04	Cumple	
Símbolo	Nombre del elemento		*ISQG	*PEL		*ISQG	*PEL
As	Arsénico	mg/kg	5.9	17	a<0.12	Si	Si
Cd	Cadmio	mg/kg	0.6	3.5	4.2898	No	No
Cr	Cromo total	mg/kg	37.3	90	20.667	Si	Si
Cu	Cobre	mg/kg	35.7	197	21.7	Si	Si
Pb	Plomo	mg/kg	35	91.3	a<0.26	Si	Si
Hg	Mercurio	mg/kg	0.17	0.486	0.06517	Si	Si
Zn	Zinc	mg/kg	123	315	40.38	Si	Si

*ISQG: International Standard for Quality Guidelines.

*PEL: Probable Effect Level.

a<: valores menores

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18.

Comparación de resultados del MuSe-05 con las Lineamientos de la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática.

Parámetros		Unidad de medida	Límites máximos permisibles		MuSe-05	Cumple	
Símbolo	Nombre del elemento		*ISQG	*PEL		*ISQG	*PEL
As	Arsénico	mg/kg	5.9	17	a<0.12	Si	Si
Cd	Cadmio	mg/kg	0.6	3.5	4.6472	No	No
Cr	Cromo total	mg/kg	37.3	90	23.81	Si	Si
Cu	Cobre	mg/kg	35.7	197	38.24	Si	Si
Pb	Plomo	mg/kg	35	91.3	a<0.26	Si	Si
Hg	Mercurio	mg/kg	0.17	0.486	a<0.041	No	Si
Zn	Zinc	mg/kg	123	315	47.17	Si	Si

*ISQG: International Standard for Quality Guidelines.

*PEL: Probable Effect Level.

a<: valores menores

Fuente: Elaboración propia.

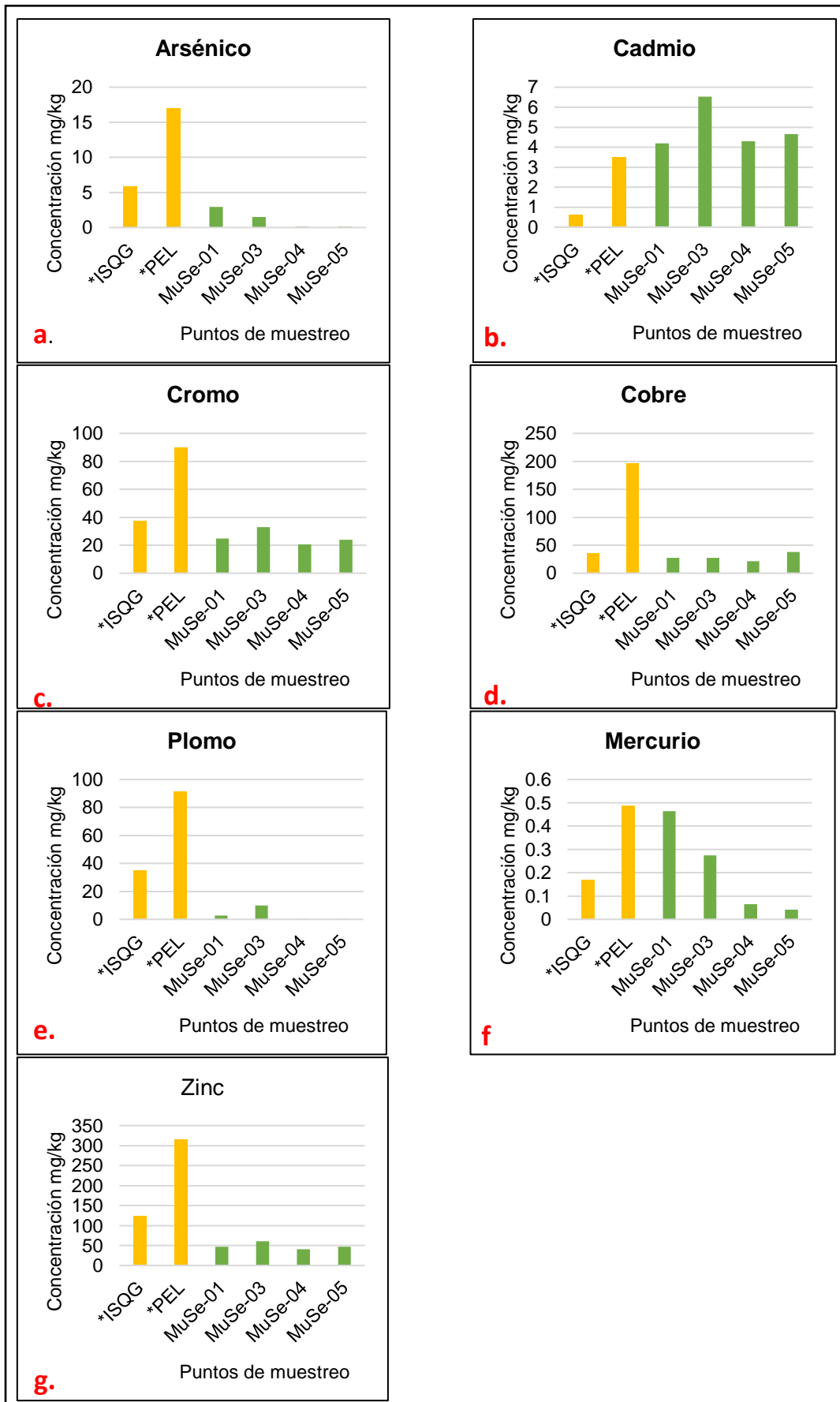


Figura 29. Comparación de resultados con los Lineamientos de la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática, ISQG y PEL.

En la figura 29.a, se observa claramente que el Arsénico no excede en ninguna de las muestras (MuSe-01), (MuSe-03), (MuSe-04) y (MuSe-05) a los límites del ISQG (International Standard for Quality Guidelines) que representa un límite guía para la salud humana y la vida acuática; y para el PEL (Probable Effect Level) que es el límite mínimo en el cual existen algunos efectos sobre la vida acuática.

En la figura 29.b, se observa que la concentración de Cadmio excede en todas las muestras (MuSe-01), (MuSe-03), (MuSe-04) y (MuSe-05) los límites del ISQG y PEL; es decir, estos generan riesgos a la salud humana y efectos sobre la vida acuática.

En la figura 29.c, se observa que la concentración de Cromo no excede en ninguna de las muestras (MuSe-01), (MuSe-03), (MuSe-04) y (MuSe-05) los límites del ISQG y PEL; es decir, estos representan riesgos para la salud humana y efectos sobre la vida acuática.

En la figura 29.d, se observa que la concentración de Cobre en el punto de muestreo de la Intercuenca del río Suches Hito 8 (MuSe-05) excede los límites del ISQG, pero no excede los límites del PEL; sin embargo, en el resto de las muestras las concentraciones de cobre no exceden los límites del ISQG y PEL.

En la figura 29.e, se observa que las concentraciones de Plomo en las muestras (MuSe-01), (MuSe-03), (MuSe-04) y (MuSe-05) no exceden los límites del ISQG y PEL; es decir, estos no representan riesgos para la salud humana y efectos sobre la vida acuática.

En la figura 29.f, se observa que las concentraciones de Mercurio en los puntos de muestreo de la Laguna Suches (MuSe-01) y Aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu (MuSe-03) exceden los límites del ISQG; sin embargo, estos no exceden los límites del PEL. En referencia al resto de las muestras (MuSe-04) y (MuSe-05), estas no exceden los límites del ISQG y PEL.

En la figura 29.g, se observa que las concentraciones de Zinc en las muestras (MuSe-01), (MuSe-03), (MuSe-04) y (MuSe-05) no exceden los límites del ISQG y PEL; es decir, estos no representan riesgos para la salud humana y efectos sobre la vida acuática.

5.1.3 Fase 3 - Trabajo de Laboratorio Bioensayo de Toxicidad Aguda.

Los resultados de los ensayos de toxicidad aguda se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 19.

Respuesta de inmovilización de Daphnia Pulex expuestas al punto de muestreo ubicado en la Laguna Suches en 24 horas y 48 horas.

MuSe-01											
Concentración g/L	24 horas %	24 horas				Promedio	48 horas				Promedio
		R1	R2	R3	R1		R2	R3			
25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	
50	20	1	1	0	1	2	1	2	1	1.7	
75	30	2	1	1	1	4	4	4	4	4.0	
100	40	3	3	3	3	5	6	6	6	5.7	
125	50	5	5	4	5	7	8	7	7	7.3	
CL 50		50.6309					37.4598				

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%

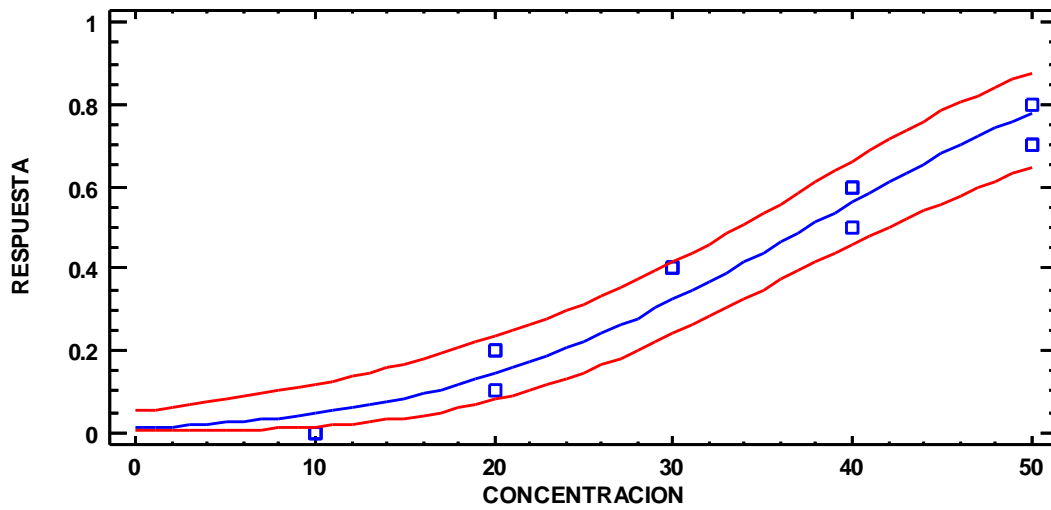


Figura 30. Dosis letal 50 – 48h, de la MuSe – 01.

Fuente: Statigraphic Centurión, 2019.

Tabla 20.

Respuesta de inmovilización de *Daphnia Pulex* expuestas al punto de muestreo ubicado en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu en 24 horas y 48 horas.

MuSe-03										
Concentración		24 horas				Promedio	48 horas			Promedio
g/L	%	R1	R2	R3	R1		R2	R3		
50	20	0	0	0	0	0	1	0	0.3	
75	30	1	1	1	1	2	2	1	1.7	
100	40	2	2	2	2	4	5	4	4.3	
125	50	4	3	3	3	6	6	6	6.0	
150	60	5	4	4	4	8	8	7	7.7	
CL 50		61.1658				45.9106				

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica del Modelo Ajustado con intervalos de confianza del 95.0%

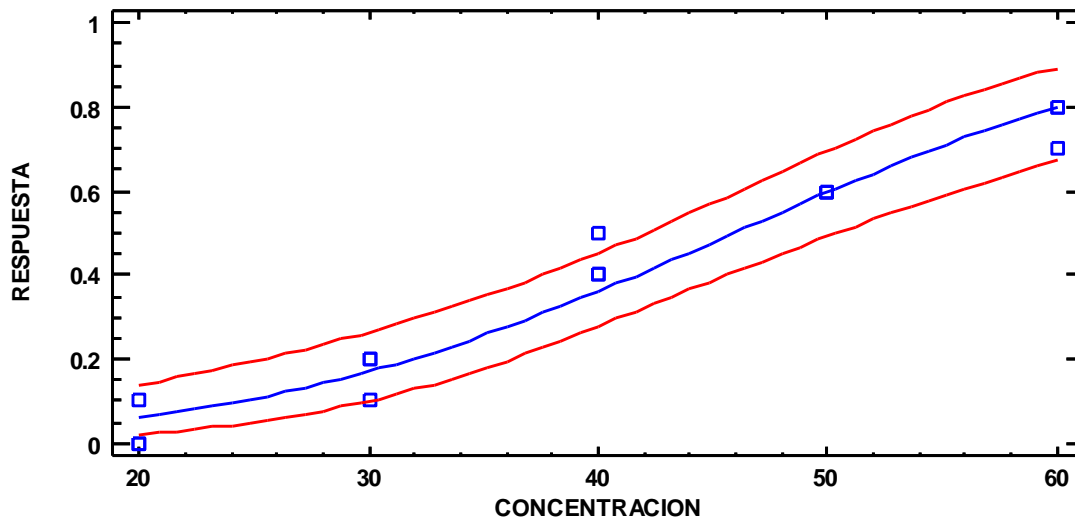


Figura 31. Dosis letal 50 – 48h de la MuSe – 03.

Fuente: Statigraphic Centurión, 2019.

Tabla 21.

Respuesta de inmovilización de Daphnia Pulex expuestas al punto de muestreo ubicado en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma en 24 y 48 horas.

MuSe-04										
Concentración		24 horas				Promedio	48 horas			Promedio
g/L	%	R1	R2	R3	R1		R2	R3		
75	30	0	0	0	0	0	0	0	0.0	
100	40	1	1	1	1	1	2	1	1.3	
125	50	1	0	0	0	4	4	4	4.0	
150	60	4	4	4	4	7	6	6		
175	70	6	5	5	5	8	8	8	8.0	
CL 50		66.1889				55.9478				

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica del Modelo Ajustado con intervalos de confianza del 95.0%

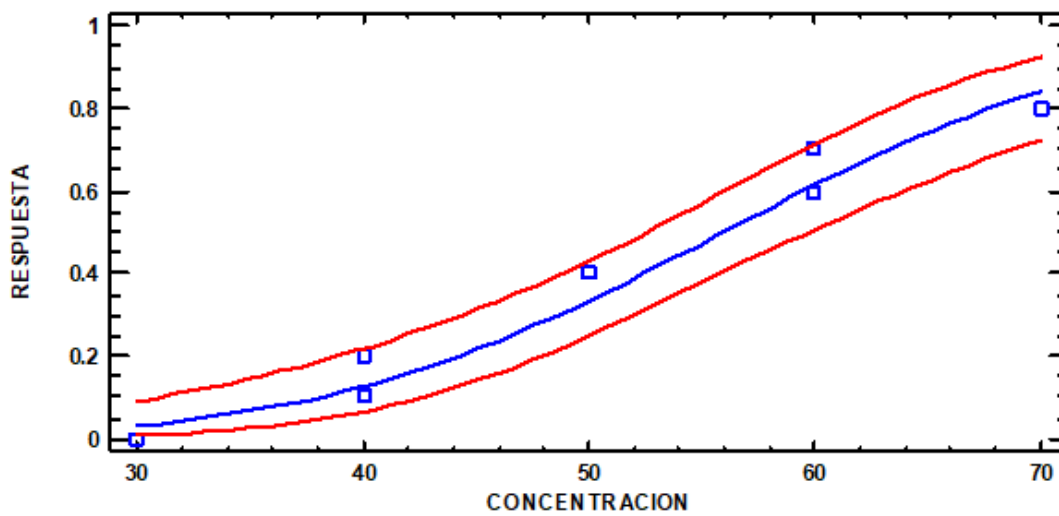


Figura 32. Dosis letal 50 – 48h, de la MuSe – 04.

Fuente: Statigraphic Centurión, 2019.

Tabla 22.

Respuesta de inmovilización de Daphnia Pulex expuestas al punto de muestreo ubicado en la Intercuenca del río Suches Hito 8 en 24 y 48 horas.

MuSe-05										
Concentración		24 horas				Promedio	48 horas			Promedio
g/L	%	R1	R2	R3	R1		R2	R3		
75	30	0	0	0	0	1	0	0	0.3	
100	40	2	2	1	2	3	2	2	2.3	
125	50	4	3	3	3	6	5	5	5.3	
150	60	4	4	4	4	7	7	5		
175	70	6	6	6	6	8	8	7	7.7	
CL 50		73.3866				63.7653				

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica del Modelo Ajustado con intervalos de confianza del 95.0%

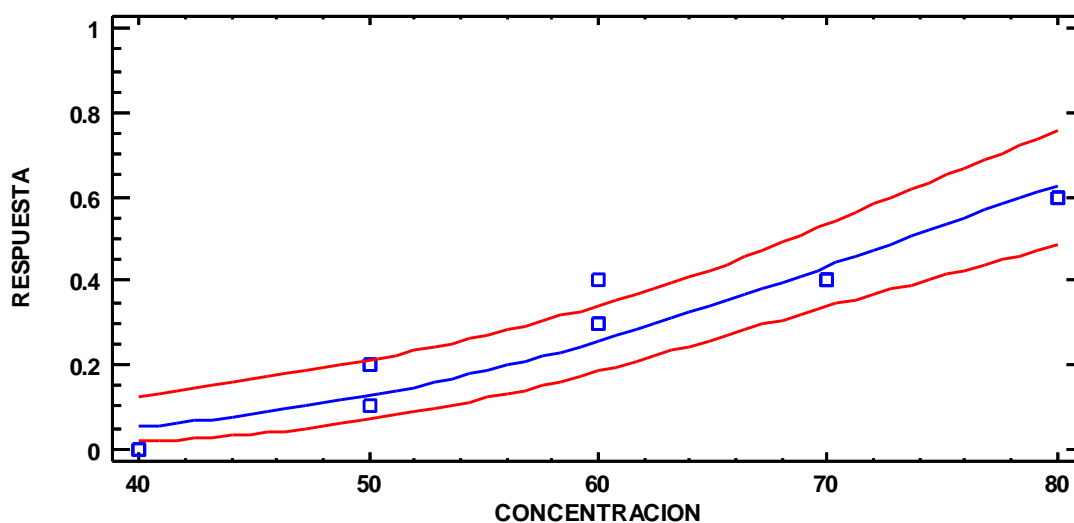


Figura 33. Dosis letal 50 – 48h, de la MuSe – 03.

Fuente: Statigraphic Centurión, 2019.

5.1.3.1 Cálculo de las Unidades de toxicidad

Se aplicó la ecuación descrita en el marco teórico:

Tabla 23.

Cálculo de Unidades tóxicas en 24 y 48 horas de evolución.

N°	Código de muestra	UT	
		24 horas	48 horas
1	MuSe-01	2.0	2.7
2	MuSe-02	--	--
3	MuSe-03	1.6	2.2
4	MuSe-04	1.5	1.8
5	MuSe-05	1.4	1.6

Fuente: Elaboración propia.

A partir del cálculo de las unidades toxicológicas se determina el nivel de toxicidad:

Tabla 24

Niveles de toxicidad de los sedimentos del río Suches.

N°	Código de muestra	Nivel de toxicidad	
		24 horas	48 horas
1	MuSe-01	Moderamente Tóxico	Tóxico
2	MuSe-02	--	--
3	MuSe-03	Moderamente Tóxico	Tóxico
4	MuSe-04	Moderamente Tóxico	Moderamente Tóxico
5	MuSe-05	Moderamente Tóxico	Moderamente Tóxico

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Discusión

En el estudio realizado por Apaza H. (2016) en la cuenca del río Suches, se determinó que el contenido de mercurio en agua es de 0.00020 mg/L y en sedimentos es de 0.2 mgHg/Kg; estos resultados conllevan a concluir al autor que estos rangos al no exceder los valores establecidos en la normativa ambiental vigente, las concentraciones de mercurio en agua y sedimentos no representarían un problema ni riesgo para el ecosistema acuático ni la salud de la población; sin embargo, en el desarrollo del presente estudio se determinó que en 2 de las muestras MuSe-01 y MuSe-03 se encontraron 0.46343 mg-Hg/Kg y 0.27516 mg-Hg/Kg respectivamente, estos valores exceden la normativa ambiental canadiense ISQG (índices de calidad de los sedimentos) 0.17 mg-Hg/Kg, mismos que indicarían la contaminación de los sedimentos en la cabecera de cuenca (laguna Suches) y que en su recorrido a lo largo de esta, el contaminante se dispersa o se bioacumula por los procesos de resiliencia y/o biorremediación del propio ecosistema.

En referencia a estudios de evaluación de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Suches, no se cuenta con antecedentes; sin embargo, existen estudios en países latinoamericanos como en la cuenca del río Puyango, Ecuador, donde determinaron que la concentración de los elementos estudiados en los sedimentos va en el orden $Fe > Al > Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Ni > Hg$; este estudio desarrollado por Mora A. (2016), establece que la presencia de estos metales pesados se deba a la descarga de lixiviados mineros. En el presente estudio se determinó que el contaminante que prevalece con altos valores en todas las muestras y exceden los valores establecidos por la normativa internacional van en el siguiente orden $Cd > Hg > Cu$; es importante mencionar que la formación geológica condiciona e influye en la calidad del agua y sedimentos de los cuerpos de agua, es así que como el proceso de extracción de oro es realizado a través de la remoción de grandes cantidades de tierras y el lavado de los mismos, podría estar generándose el aporte de cadmio no solo por contaminación antropogénica sino que también se estaría liberando estos contaminantes por procesos erosivos de la composición geológica y litológica al medio acuático, sin embargo la presencia del mercurio se le atribuye específicamente a la contaminación del proceso de extracción minera aurífera, ya que esta es aplicada en el proceso de amalgamación.

En el Perú no existen estudios relacionados a los efectos ecotoxicológicos generados por la contaminación minera en el ecosistema acuático, por ello no se tiene antecedentes para poder contrastarlos con el presente estudio; sin embargo, existe una investigación realizada en Sudáfrica (Hill & Jooste, 1999), donde se evaluó el impacto

potencial de los sedimentos contaminados del Blesbok Spruit cerca de Witbank que recibe el drenaje ácido de la mina; donde aplicaron las pruebas de toxicidad aguda en *Daphnia pulex* utilizando tanto agua intersticial de sedimentos extraídos como agua superficial, donde determinaron que la CL 50 promedio del elutreado de sedimentos es de 5.43 g/L; sin embargo en el presente estudio desarrollado en la cuenca del río Suches la CL 50 en la MuSe-01 es de 37.5 g/L, en la MuSe-03 es de 45.9 g/L, en la MuSe-03 es de 55.9 g/L y en la MuSe-04 es de 63.8 g/L, esto mostraría que los niveles de contaminación en Witbank son muchos más elevados a los de la cuenca del río Suches; sin embargo, esto es un indicativo de que los niveles ecotoxicológicos de un ecosistema está relacionado a diferentes factores, empezando por el tiempo de contaminación de la actividad minera, los factores climáticos, las características geológicas y edafológicas, la disponibilidad de biota en el ecosistema acuático, entre otros.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.3 Conclusiones

1. Se determinó que el nivel ecotoxicológico de los sedimentos del río Suches es Tóxico ya que su rango promedio es de 2.1 Unidades Toxicológicas, esto conllevaría a la degradación progresiva del hábitat de los organismos bentónicos; asimismo, condiciona la calidad del agua de la cuenca generando riesgos a la salud del ecosistema.
2. Se determina que a lo largo de la cuenca del río Suches la zona más impactada por la contaminación de la actividad minera informal e ilegal se encuentra ubicado en la cabecera de cuenca, es decir en la laguna Suches; se identificó que tanto del lado peruano como boliviano las minas drenan sus aguas residuales, aguas ácidas y relaves mineros a la misma laguna sin previo tratamiento, posteriormente estas drenan sus aguas y empiezan su recorrido formando el río Suches. El siguiente punto de contaminación está ubicado en la zona denominada como Perlas de Oro que pertenece a la jurisdicción de Perú, donde se desarrolla la actividad minera aurífera, misma que también contamina la cuenca del río Suches con la disposición de relaves mineros y aguas ácidas.
3. Los metales pesados que no cumplen con los Lineamientos de la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática, de las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental, ISQG (calidad de sedimento en cuerpos de agua) y PEL (Nivel de efecto probable) son el cadmio, mercurio y cobre; es así que en la Laguna Suches (MuSe-01) se determinó niveles muy altos de cadmio (4.1818 mg/kg) y mercurio (0.46343 mg/kg) que sobrepasan los niveles del ISQG (0.6 mg/kg) y PEL (3.5 mg/kg) para cadmio y los niveles de ISQG (0.17 mg/kg) para mercurio; en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu (MuSe-03) las concentraciones de cadmio (6.5201 mg/kg) y mercurio (0.27516) tampoco están dentro los rangos

permitidos y sobrepasan los niveles del ISQG (0.6 mg/kg) y PEL (3.5 mg/kg) para cadmio y los niveles de ISQG (0.17 mg/kg) para mercurio; en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma (MuSe-04) la concentración del cadmio (4.2898 mg/kg) que excede el ISQG (0.6mg/kg) y PEL (3.5 mg/kg); finalmente en la Intercuenca del río Suches Hito 8 (MuSe-05) se encontró cadmio (4.6472 mg/kg) y cobre (38.24 mg/kg) los cuales exceden los niveles del ISQG (0.6 mg/kg) y PEL (3.5 mg/kg) para cadmio y los niveles de ISQG (35.7 mg/kg) para cobre.

Se observa claramente que el cadmio es uno de los contaminantes que se excede en todos los puntos de monitoreo, es así que se establece a este metal pesado como uno de los principales tóxicos que estaría generando la degradación del ecosistema acuático y la pérdida de la biota en la cuenca del río Suches; es imprescindible mencionar que las altas concentraciones de cadmio, mercurio y cobre en los sedimentos de la cuenca del río Suches pueden tener un efecto adverso para la biota acuática, de acuerdo con los criterios establecidos en normas internacionales canadienses.

4. Los bioensayos toxicológicos determinan que la Dosis Letal media en 48 horas de exposición (CL 50 – 48h) que genera la mortandad o inmovilización de los individuos de prueba expuestos a la muestra obtenida de la Laguna Suches (MuSe-01) es 37.5 % (93.6 g/L), en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu (MuSe-03) es 45.9 % (114.8 g/L), en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma (MuSe-04) es 55.9 % (139.9 g/L) y en la Intercuenca del río Suches Hito 8 (MuSe-05) es 63.8 % (159.4 g/L).

Se determinó también que la concentración sin efecto observado (NOEC) en la Laguna Suches (MuSe-1) es 21.2 % (53 g/L), en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu (MuSe-3) es 32.2 % (80.5 g/L), en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma (MuSe-4) es 44.4 % (111.0 g/L) y en la Intercuenca del río Suches Hito 8 (MuSe-5) es 57.3% (143.3 g/L); es decir, estos niveles de concentración no generarían mortalidad ni efecto agudo en los organismos de prueba (*Daphnia pulex*).

La concentración más baja del efecto observado (LOEC) para la Laguna Suches (MuSe-1) es 30.4 % (76 g/L), en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Japojollu (MuSe-03) es 41.0% (102.5g/L), en las aguas debajo de la Intersección de la cuenca del río Suches con el río Caylloma (MuSe-4) es 52.0 % (30.0 g/L) y en la Intercuenca del río Suches Hito

8 (MuSe-5) es 67.6 % es (169 g/L); es decir, estos serían los niveles de concentración mínimos que generarían la mortandad y efecto agudo en los organismos de prueba (*Daphnia pulex*).

5.4 Recomendaciones

1. La profundización en estudios ecotoxicológicos se hace imprescindible, la normativa peruana ambiental vigente como los estándares de calidad y los límites máximos permisibles son solo valores numéricos, estos no están basados en los efectos tóxicos y de degradación que los contaminantes pueden generar en la salud ecosistémica y la biota acuática; por ello se recomienda desarrollar no solo estudios sino también proponer protocolos estandarizados de monitoreo en base a la evaluación de los efectos toxicológicos que generan los contaminantes generados en la actividad minera.
2. Aplicar el programa Earth engine y desarrollar el cálculo del Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) que mide intensidad de deforestación y cambio de uso de suelo del área de estudio; así mismo, realizar el cálculo del Índice diferencial de Agua normalizada (NDWI) que usualmente es usada para ver los cambios de los cauces de los cuerpos de agua lóticos o lénticos.
3. Desarrollar el estudio de manera integral desarrollando los ensayos y análisis laboratoriales en agua y sedimentos de la cuenca, asimismo, tomar muestras en épocas de avenida y estiaje.
4. Realizar la evaluación de toxicología crónica usando como organismos de prueba a la biota acuática de la zona de estudio.

REFERENCIAS

- Adams, W. J., Kimerle, R. A., & Barnett, J. W. (1992). Sediment quality and aquatic life assessment. *Environmental Science & Technology*, 26(10), 1864–1875. <https://doi.org/10.1021/es00034a001>
- Alianza Mundial de Derecho Ambiental. (2010). *Guía para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros* (1ra ed.). Retrieved from <http://www.elaw.org/files/mining-eia-guidebook/Guia para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros.pdf>
- Alva, A. (2001). Crecimiento poblacional de tres especies de cladóceros (*Daphnia pulex*, *Moina macrocopa*, *Ceriodaphnia dubia*) utilizando una cianobacteria (*Microcystis aeruginosa*) y un alga verde (*Chlorella vulgaris*) como alimento (Universidad Nacional Autónoma de México). Retrieved from <http://www.remeri.org.mx/portal/REMERI.jsp?id=oai:tesis.dgbiblio.unam.mx:000298368>
- Apaza Porto, H. (2016). *Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del río Suches-zona bajo Paria Cojata - puno* (Universidad Nacional del Altiplano). Retrieved from http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2854/Apaza_Porto_Hernan.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Argote, R., Cazorla, J., Rodríguez, J., Galvez, J., Macedo, E., Zenteno, W., ... Mayta, H. (2015). Monitoreo de la calidad de agua superficial de la laguna y río Suches referente a la unidad minera Asunción I. Puno.
- Asselman, J., Hochmuth, J. D., & De Schamphelaere, K. A. C. (2014). A comparison of the sensitivities of *Daphnia magna* and *Daphnia pulex* to six different cyanobacteria. *Harmful Algae*. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2014.06.008>
- Autoridad nacional del agua. (2017). Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua (p. 364). p. 364. Retrieved from http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/guia_de_la_zona_demezcla_1_0.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales* (p. 92). p. 92. Retrieved from

<http://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>

Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Evaluación de la calidad del agua superficial de la cuenca del lago titicaca – sector peruano 2011-2014*. Retrieved from http://www.geotiticaca.org/web/reportes-tecnicos/item/download/2_10556e0cd83934df9724e15ea6b92e17.html

Bergqvist, E., Parada, R., & Palavicino, I. (1991). Ingestion de metales pesados en diversas especies animales. *Agricultura Técnica*, 51, 370–373. Retrieved from <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR13292.pdf>

Bernal Paredes, A. J., & Rojas Avella, A. P. (2007). Determinación de la concentración letal media del herbicida roundup 747 sobre ecosistemas acuáticos mediante pruebas toxicológicas con *Daphnia magna*.

Bertram, P. E., & Hart, B. A. (1979). Longevity and reproduction of *Daphnia pulex* (de Geer) exposed to cadmium-contaminated food or water. *Environmental Pollution* (1970). [https://doi.org/10.1016/0013-9327\(79\)90121-6](https://doi.org/10.1016/0013-9327(79)90121-6)

Bownik, A. (2017). *Daphnia* swimming behaviour as a biomarker in toxicity assessment: A review. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.199>

Cabrera, A. (2012). *Metales pesados en sedimentos del río Santiago y tanque tenorio y su efecto en el crecimiento de frijol y maíz* (Universidad Autónoma De San Luis Potosí). Retrieved from <http://ninive.uaslp.mx/jspui/handle/i/3381>

Calvo, A., Oviedo, G., Yañez, G., & Zapata, W. (2012). *Toxicología de metales pesados*. La Paz.

Canadian Council of Ministers of the Environment. (1999). *Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life for the Protection of Aquatic Life* (p. 13). p. 13. Retrieved from https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/index.html

- Castillo, G. (2004). Ensayos Toxicológicos Y Métodos De Evaluación De Calidad De Aguas Estandarización, Intercalibración, Resultados Y Aplicaciones. Retrieved from <https://www.idrc.ca/sites/default/files/openebooks/147-7/index.html>
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (1999). *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* (p. 4). p. 4. Retrieved from https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/index.html
- Catanese Rodriguez, P. V. (2014). *Bioensayos aplicados a la evaluacion de la toxicidad de efluentes industriales* (Universidad Nacional De La Pampa). Retrieved from http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tesis/x_rodбио062.pdf
- Caumette, G., Koch, I., Moriarty, M., & Reimer, K. J. (2012). Arsenic distribution and speciation in *Daphnia pulex*. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.05.050>
- Chagua, E., & Morales, L. (2014). Análisis ecotoxicológico del efluente de desengale en bioensayos con *Daphnia magna*, *Lactuca sativa* y *Chlorella vulgaris*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Clifford, M., & McGeer, J. C. (2010). Development of a biotic ligand model to predict the acute toxicity of cadmium to *Daphnia pulex*. *Aquatic Toxicology*. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.01.001>
- Contreras, J., Mendoza, C., & Gómez, A. (2008). Determinación De Metales Pesados En Agua Y Sedimentos Del Rio Haiina. *Ciencia y Sociedad*, 38–71. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029103>
- Cousillas, A. (2008). *Contaminación del agua*. Retrieved from https://cedoc.infod.edu.ar/upload/Informe_Toxicologico_agua_adriana_cousillas.pdf
- Cuadros, J. (2013). *Foro virtual - red participa Perú* (p. 5). p. 5. Retrieved from <http://www.propuestaciudadana.org.pe/sites/default/files/publicaciones/archivos/Tema 2 - MAPE - Foro Virtual Red Participa Perú.pdf>

- Díaz, M., Pica, Y., & Ronco, A. (2012). *Ensayo de toxicidad aguda con el cladóceros Daphnia magna*. 18. Retrieved from <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/573/cap1.pdf>
- Doke, D. A., Hudson, S. L., Dawson, J. A., & Gohlke, J. M. (2014). Effects of early life exposure to methylmercury in *Daphnia pulex* on standard and reduced food ration. *Reproductive Toxicology*, 49, 219–225. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2014.09.006>
- Enderlein, R. (2006). *Requisitos De La Calidad Del Agua*.
- Escobar, P. (2009). Implementación de un sistema de alerta de riesgo toxicológico utilizando *Daphnia pulex* para la evaluación de muestras ambientales. *Revista Épsilon*, 12, 115–133. Retrieved from <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/download/1170/1068>
- Español, S. (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica, Instituto Nacional de Salud, Colombia*. <https://doi.org/10.7705/BIOMEDICA.V32I3.1437>
- Fernando Londoño-franco, L., Tatiana Londoño-muñoz, P., & Gerardo Muñoz-garcía, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal risk of heavy metals in human and animal health risco de metais pesados na saúde humana e animal. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2). [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Ferrari, L. (2015). La ecotoxicología aplicada a la evaluación de la contaminación de los ríos: el caso del río reconquista. *Ciencia e investigación*, 2, 17–35. Retrieved from <http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/RevistasCel/tomo65-2/3-Ferrari-cei65-2-3.pdf>
- Gagneten, A. (2006). Efectos ecotoxicológicos del sedimento del río Salado inferior (Argentina) en la supervivencia y reproducción de *Moina micrura* (Crustacea, Cladocera). *Revista de Toxicología*, 23, 146–150. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91923309>
- Gammons, C. H., Slotton, D. G., Gerbrandt, B., Weight, W., Young, C. A., McNearney, R. L., ... Tapia, H. (2006). Mercury concentrations of fish, river water, and sediment in the Río Ramis-Lake Titicaca watershed, Peru. *Science of The Total*

Environment, 368(2–3), 637–648.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.076>

- Garmendia, Joxe Mikel, Menchaca, I., Belunce, M. J., & Revilla, M. (2009). Protocolo del test de toxicidad de sedimentos marinos con larvas del erizo de mar. *Revista de Investigación Marina*, 11, 25. Retrieved from <https://issuu.com/aztitecnalia/docs/rim11>
- Ghrefat, H., & Yusuf, N. (2006). Assessing Mn, Fe, Cu, Zn, and Cd pollution in bottom sediments of Wadi Al-Arab Dam, Jordan. *Chemosphere*, 65(11), 2114–2121. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2006.06.043>
- Granizo, M., & Marquez, A. (2007). *Análisis de cadmio cromo cobre mercurio níquel plomo y zinc en el antiguo botadero del Valle* (Universidad del Azuay). Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/126/1/06600.pdf>
- Gu, J. D. (2018, March 1). Mining, pollution and site remediation. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 128, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.11.006>
- Gutierrez, M., & Gagneten, A. (2011). Efecto de los metales sobre microcrustáceos de agua dulce Efecto de los metales sobre microcrustáceos de agua dulce. Avances metodológicos y potencialidad de cladóceros y copépodos como organismos test Effects of metals on freshwater microcrustaceans. Methodological advances and potentiality of cladocerans and copepods as test organisms. *Rev. Peru. Biol*, 18(3), 389–396. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v18n3/a22v18n3.pdf>
- Hill, L., & Jooste, S. (1999). The effects of contaminated sediments of the Blesbok Spruit near Witbank on water quality and the toxicity thereof to *Daphnia pulex*. *Water Science and Technology*. [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00271-1](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00271-1)
- Huamán Lencinas, G. A. (2012). Toxicidad del efluente de la laguna de estabilización el espinar mediante bioensayos con *Daphnia pulex* y *Lactuca sativa* L. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Huancaré, R. (2014). Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la laguna

de mamacocha, área de influencia minera, Cajamarca-Perú (Universidad Nacional Mayor De San Marcos). Retrieved From <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3749>

Huisa, F. (2015). Análisis de las concesiones mineras y la actividad minera informal a pequeña escala de la región puno y su implicancia en la gestión ambiental y social (Universidad Nacional Del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/432>

Iannacone, J., & Dale, W. (1999). Protocolo de bioensayo ecotoxicología para evaluar metales pesados contaminantes de aguas dulce con chironomus calligraphus y moina macrocopa en el río Rimac Lima Peru. *Revista Peruana de Entomología*, 41, 111–120. Retrieved from https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=240283&pid=S0365-2807200200030000300013&lng=es

Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2009). *Procedimiento para el muestreo de aguas y sedimentos para determinación de metales* (p. 11). p. 11. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/282383665/IDEAM-Protocolo-Muestreo-en-aguas-y-sedimentos-para-metales>

Jara, M. (2003). Distribución de metales pesados en agua y sedimentos y sus efectos sobre la vida acuática en la cuenca superior del río santa (Universidad Nacional de Ingeniería). Retrieved from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/616>

José-Bracho, G., Quintín, J., Rosa, C.-G., & Rodríguez-Fernández, M. (2016). *Calidad del agua y sedimento en el lago de Maracaibo, estado Zulia*. 1–14.

Laino, R., Bello, R., González, M., Ramírez, N., Jiménez, F., & Musálem, K. (2015). Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, IV, 61–74. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000400004

Mardirosian, M. (2015). *Ecotoxicología del arsénico y mecanismos de acción en el desarrollo del anfibio *Rhinella arenarum** (Universidad de Buenos Aires). Retrieved from www.digital.bl.fcen.uba.ar

- Marín, L. (2007). Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor (Universidad de Murcia). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10803/10773>
- Míguez, D., Seoane, I., Carrara, M. V, Carnikián, A., Keel, K., Aizpún, A., Cartmell, E. (2010). Evaluación ecotoxicológica de sedimentos en una zona del Río Uruguay, con puntos finales indicadores de toxicidad aguda, sub-letal, crónica, reproductiva y teratogénica.
- Miranda, J. (2010). Evaluación de riesgos por la exposición al arsénico ambiental en la localidad de curipata como una opción para la reubicación de la población de la oroya Junín 2008 (Universidad Nacional De Ingeniería). Retrieved from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1593>
- Mora, A., Jumbo, D., Gonzalez, M., & Bermeo, S. (2016). Niveles de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Puyango, Ecuador. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 32(4), 385–397. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.02>
- Moreno, F. H., Méndez García, E., León, V. Q., & Arévalo, F. H. (2013). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. *Scientia Agropecuaria*, 3, 235–247. Retrieved from <http://www.sci-agropecu.unitru.edu.pe/>
- Mullisaca, E. (2013). *evaluacion de mercurio en agua y sedimentos del rio Azangaro* (Universidad Nacional Del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/431>
- Narváez, J. (2014). Caracterización química y eco toxicológica de metales pesados en sedimentos de las riveras del rio Machángara, sector parque industrial (Universidad De Cuenca). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21107>
- Navarro, J., & Rodríguez, J. (2012). *La pulga de agua: excelente recurso en la didáctica de la biología*. Retrieved from <http://www.clubcientificobezmiliana.org/pdf/Pulga.pdf>
- Núñez, M., & Hurtado, J. (2005). Nota científica Bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Daphniidae) desarrollada en medio de cultivo modificado Acute toxicity bioassays using *Daphnia magna*

- Straus (Cladocera, Daphniidae) maintained in a modified culture medium. *Daphnia Magna Rev. Peru. Biol. Rev. Peru. Biol*, 12(121), 165–170. Retrieved from <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>
- Paloheimo, J. E., & Taylor, W. D. (1987). Comments on life-table parameters with reference to *Daphnia pulex*. *Theoretical Population Biology*, 289–302. [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(87\)90051-7](https://doi.org/10.1016/0040-5809(87)90051-7)
- Patilla, B. (2015). *Calidad de agua y sedimentos del río Tambopata departamento Madre de Dios 2004* (Universidad Nacional Amazónica de Madre De Dios). Retrieved from <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/114>
- Peluso, L., Almada, P., Abelando, M., & Ronco, A. E. (2012). Evaluación de la toxicidad de sedimentos de los ríos Paraguay-Paraná utilizando *hyalella curvispina* Toxicity assessment of sediments from the Rivers Paraguay-Paraná using *Hyalella curvispina* (p. 14). p. 14. Retrieved from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26663/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Peña, C., Carter, D., & Ayala-Fierro, F. (2001). *Toxicología ambiental Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental Southwest Hazardous Waste Program* (Southwest Hazardous Waste Program, Ed.). Retrieved from <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/>.
- Portela, C., Arenzon A, & Raya-Rodriguez, M. (2006). Avaliação Ecotoxicológica do Sedimento do Arroio Sapucaia, RS, Brasil, Através de Ensaio de Toxicidade Utilizando Diferentes Amostradores e Organismos-teste. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, 5, 119–122. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5132/jbse.2006.02.005>
- Pozo, C., & Paucarmayta, V. (2015). Cómo impacta la minería en la producción agropecuaria del Perú. *Economía y Sociedad*, 12. Retrieved from http://www.cies.org.pe/sites/default/files/files/articulos/economiaysociedad/01-del_pozo_ok.pdf
- Quispe, V., & Pérez, A. (2012). *Desarrollo de un análisis integral para monitoreos ambientales en cuencas andinas* (Universidad Politécnica de Cataluña). Retrieved from

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18379/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ramire, P., & Mendoza, A. (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo* (Primera). Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=wdJWUOj81isC&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Reis, R. (2004). Evaluacion ecotoxicologia de sedimentos en la represa de lobo em muestras con metales de cobre y cromo. Universidad de Sao Paulo.
- Repetto, M., Sanz, P., Jurado, C., López, M., Menéndez, M., & De La Peña, E. (1993). Glosario de terminos toxicologicos iupac. *Asociacion española de toxicologia , Edición en español, 77*. Retrieved from [http://busca-tox.com/05pub/Glosario terminos toxicologicos toxicologia Repetto.pdf](http://busca-tox.com/05pub/Glosario%20terminos%20toxicologicos%20toxicologia%20Repetto.pdf)
- Rodrigues, D. O., Silva, S. L. R. da, & Silva, M. do S. R. da. (2009). Avaliação ecotoxicológica preliminar das águas das bacias hidrográficas dos rios Tarumã, São Raimundo e Educandos. *Acta Amazonica*. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400021>
- Rodriguez Senen, C. (2012). *Efectos toxicologicos por metales pesados en los seres vivos* (Universidad Nacional De Trujillo). Retrieved from [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2984/Crisanto Rodriguez%2C Senen.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2984/Crisanto%20Rodriguez%2C%20Senen.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rosado, D., Usero, J., & Morillo, J. (2016). Assessment of heavy metals bioavailability and toxicity toward *Vibrio fischeri* in sediment of the Huelva estuary. *Chemosphere*, 153, 10–17. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2016.03.040>
- Sánchez, J. (2010). Crecimiento poblacional y tabla de vida demográfica de *brachionus rubens*, *brachionus patulus* (rotifera), *ceriodaphnia dubia* y *daphnia pulex* (cladocera), expuestos a diferentes concentraciones de zinc (Universidad Nacional Autónoma de México). Retrieved from <http://www.remeri.org.mx/portal/REMERI.jsp?id=oai:tesis.dgbiblio.unam.mx:000665736>

- Rowe, D. W., Sprague, J. B., Heming, T. A., & Brown, I. T. (1983). Sublethal effects of treated liquid effluent from a petroleum refinery. II. Growth of rainbow trout. *Aquatic Toxicology*, 327–339. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(83\)90037-1](https://doi.org/10.1016/0166-445X(83)90037-1)
- Sánchez, P. (2002). Valoración ecotoxicológica de la contaminación de origen agrario. Incorporación de bioensayos en los protocolos de evaluación del riesgo ambiental (Universidad Complutense De Madrid). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/39158889_Valoracion_ecotoxicologica_de_la_contaminacion_de_origen_agrario_incorporacion_de_bioensayos_en_los_protocolos_de_evaluacion_del_riesgo_ambiental
- Scherer, C., Seeland, A., Oehlmann, J., & Müller, R. (2013). Interactive effects of xenobiotic, abiotic and biotic stressors on *Daphnia pulex*-Results from a multiple stressor experiment with a fractional multifactorial design. *Aquatic Toxicology*. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2013.04.014>
- Schultz, T. W., & Kennedy, J. R. (1976). The fine structure of the digestive system of *daphnia pulex* (crustacea: cladocera). *Tissue & cell*, 8(3), 479–490.
- Secretaria de economia. (2010). *Análisis de agua - evaluación de toxicidad aguda con *Daphnia magna*, Straus (Crustacea - Cladocera) - MÉTODO DE PRUEBA* (p. 44). p. 44. Retrieved from <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166797/NMX-AA-087-SCFI-2010.pdf>
- Silva, J., Torrejón, G., Bay-Schmith, E., & Larrain, A. (2003). Calibración del bioensayo de toxicidad aguda con *Daphnia pulex* (crustacea: cladocera) usando un toxico de referencia. *Gayana*, 77, 87–96. Retrieved from <https://scielo.conicyt.cl/pdf/gayana/v67n1/art11.pdf>
- Smith, S. B., Savino, J. F., & Blouin, M. A. (1988). Acute Toxicity to *Daphnia Pulex* of Six Classes of Chemical Compounds Potentially Hazardous to Great Lakes Aquatic Biota. *Journal of Great Lakes Research*, 394–404. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(88\)71572-5](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(88)71572-5)
- Stark, J. D., & Vargas, R. I. (2003). Demographic changes in *Daphnia pulex* (leydig) after exposure to the insecticides spinosad and diazinon. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(02\)00074-X](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(02)00074-X)

- Tello Atiencia, M., & Moscoso Vanegas, D. (2015). *Evaluación del riesgo toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de cuenca* (Universidad Estatal De Cuenca). Retrieved from [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22973/1/TESIS TOXICOLOGÍA 12.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22973/1/TESIS_TOXICOLOGÍA_12.pdf)
- Temporetti, P., Antonuk, L., & Pedrozo, F. (2014). Características de los sedimentos de la bahía oriental del lago lácar afectado por la descarga de aguas residuales. *Ecología Austral*.
- Torres, F. (2009). Estudio de la toxicidad en muestras de agua y sedimentos de la cuenca del río san pedro en el estado de aguas calientes, empleando pruebas de toxicidad integración de estudios de campo y laboratorio (Universidad Autónoma de Aguascalientes). Retrieved from <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/123456789/616>
- USEPA. (1991). *Compendium of ERT Toxicity Testing Procedures*. Retrieved from <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/10001YL9.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991+Thru+1994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=>
- Valera, R. (1960). Génesis. Retrieved August 23, 2018, from <https://www.bibliatodo.com/la-biblia/Reina-valera-1960/genesis-1>
- Valverde, E. (2015). Bioensayo Agudo con Sulfato de Cobre en Alevinos de Carpa *Cyprinus Carpio* (LINNAEUS, 1758) y su Posible Impacto Debido a la Actividad Minera (Universidad Nacional De Ingeniería). Retrieved from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2186>
- Vargas, F. (2005). La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. *Salud Pública*, 79, 117–127. Retrieved from http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200001
- Vukov, O., Smith, D. S., & McGeer, J. C. (2016). Acute dysprosium toxicity to *Daphnia pulex* and *Hyalella azteca* and development of the biotic ligand approach. *Aquatic Toxicology*. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.10.016>

- Winner, R. (1986). Interactive effects of water hardness and humic acid on the chronic toxicity of cadmium to *Daphnia pulex*. *Aquatic Toxicology*, 8, 281–293. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0166-445X\(86\)90080-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0166-445X(86)90080-9)
- Wood, B., & Stark, J. D. (2002). Acute toxicity of drainage ditch water from a Washington State cranberry-growing region to *Daphnia pulex* in laboratory bioassays. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. <https://doi.org/10.1006/eesa.2002.2210>
- Zhang, C., Shan, B., Tang, W., Wang, C., & Zhang, L. (2019). Identifying sediment-associated toxicity in rivers affected by multiple pollutants from the contaminant bioavailability. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 171, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.075>
- Zhao, G., Ye, S., Yuan, H., Ding, X., Wang, J., & Laws, E. A. (2018). Surface sediment properties and heavy metal contamination assessment in river sediments of the Pearl River Delta, China. *Marine Pollution Bulletin*, 136, 300–308. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.09.035>

ANEXOS

Anexo A

Informe de Ensayo de análisis de Sedimentos MuSe-01

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00008

Pág: 1/3

Hoja de datos

Señores: BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Dirección: PUNO
Atención: BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Proyecto: METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DE LA CUENCA SUCHES

Producto(s) Declarado(s): Sedimento

Nro de muestras: 1
Muestreo a cargo de(l): BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Registro de muestreo: 002-19
Fecha de recepción: 26/02/2019
Fecha de ensayo: 26/02/2019
Fecha de emisión: 04/03/2019
Condiciones de recepción de la muestra:
Observaciones : ----

Metodo de ensayo aplicado

*7002 EPA 200.7 Determinación de Arsénico en Suelos y Sedimentos (Lixiviación Ácida) por ICP -OES, Revisión 4.4.
*7003 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en suelos y sedimentos por ICP -OES, Revisión 4.4.
*7022 EPA 200.7 Determinación de Mercurio en Suelos y sedimentos (Lixiviación Ácida) por ICP -OES, Revisión 4.4.

Cod Int. #	Nombre de muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
SD19000002	LAGUNA SUCHES	LAGUNA SUCHES, SAN ANTONIO DE PUTINA, ANANEA C.P TRAPICHE	PUNTO 1	24/02/19	10:46 a.m.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Justino Soto
M. Sc. Ingeniero en Ciencias Químicas

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de conformidad con lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0035

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

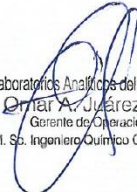
INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00008

Hoja de resultados

04/03/2019

Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003 Ag MT mg/Kg	*7003 Al MT mg/Kg	*7002 As MT mg/Kg	*7003 B MT mg/Kg	*7003 Ba MT mg/Kg	*7003 Be MT mg/Kg	*7003 Ca MT mg/Kg	*7003 Cd MT mg/Kg	*7003 Co MT mg/Kg	*7003 Cr MT mg/Kg	*7003 Cu MT mg/Kg	*7003 Fe MT mg/Kg	*7022 Hg MT mg/Kg	*7003 K MT mg/Kg	*7003 Li MT mg/Kg	*7003 Mg MT mg/Kg	*7003 Mn MT mg/Kg	*7003 Mo MT mg/Kg	*7003 Na MT mg/Kg	*7003 Ni MT mg/Kg
SD19000002	LAGUNA SUCHES	<0,24	> 10 000	2,931	14,95	155,24	0,468551	3 750	4,1818	7,93059	24,693	27,54	> 10 000	0,46343	5 680	19,881	3 166	284,28	<0,038	473	17,605


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114428

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0034

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com


INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00008

Hoja de resultados

04/03/2019

Pág.: 3/3

Codigo Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003
		P	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	TI	V	Zn
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
SD19000002	LAGUNA SUCHES	407,5	2,722	≤0,049	≤0,2	≤0,085	40,40	189,87	≤0,13	32,968	46,73


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. J. J. Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0033

Anexo B

Informe de Ensayo de análisis de Sedimentos MuSe-03

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00009

Pág: 1/3

Hoja de datos

Señores: BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Dirección: PUNO
Atención: BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Proyecto: METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DE LA CUENCA SUCHES

Producto(s) Declarado(s): Sedimento
Nro de muestras: 1
Muestreo a cargo de(l): BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Registro de muestreo: 002-19
Fecha de recepción: 26/02/2019
Fecha de ensayo: 26/02/2019
Fecha de emisión: 04/03/2019
Condiciones de recepción de la muestra:
Observaciones: -----

Metodo de ensayo aplicado

*7002 EPA 200.7 Determinación de Arsénico en Suelos y Sedimentos (Lixiviación Ácida) por ICP-OES, Revisión 4.4.
*7003 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en suelos y sedimentos por ICP-OES, Revisión 4.4.
*7022 EPA 200.7 Determinación de Mercurio en Suelos y sedimentos (Lixiviación Ácida) por ICP-OES, Revisión 4.4.

Cod Int. #	Nombre de muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
SD19000003	AGUAS ABAJO DE LA INTERSECCION DE LA CUENCA DEL RIO SUCHES Y EL RIO JAPOJOLLU	INTERCUENCA SUCHES, HUANCANE, COJATA, MALLCUNUTA	PUNTO 3	24/02/19	11:48 a.m.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la empresa que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0032

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com


INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00009

Hoja de resultados

04/03/2019

Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003 Ag MT mg/Kg	*7003 Al MT mg/Kg	*7002 As MT mg/Kg	*7003 B MT mg/Kg	*7003 Ba MT mg/Kg	*7003 Be MT mg/Kg	*7003 Ca MT mg/Kg	*7003 Cd MT mg/Kg	*7003 Co MT mg/Kg	*7003 Cr MT mg/Kg	*7003 Cu MT mg/Kg	*7003 Fe MT mg/Kg	*7022 Hg MT mg/Kg	*7003 K MT mg/Kg	*7003 Li MT mg/Kg	*7003 Mg MT mg/Kg	*7003 Mn MT mg/Kg	*7003 Mo MT mg/Kg	*7003 Na MT mg/Kg	*7003 Ni MT mg/Kg
SD19000003	AGUAS ABAJO DE LA INTERSECCION DE LA CUENCA DEL RIO SUCHES Y EL RIO JAPOJOLLU	≤0,24	> 10 000	1,496	9,616	147,13	0,557894	509	6,5201	9,35384	32,938	27,67	> 10 000	0,27516	5 890	31,063	3 335	264,58	≤0,038	494	24,269


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0047

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com


INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00009

Hoja de resultados

04/03/2019

Pág.: 3/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003 P MT mg/Kg	*7003 Pb MT mg/Kg	*7003 Sb MT mg/Kg	*7003 Se MT mg/Kg	*7003 Sn MT mg/Kg	*7003 Sr MT mg/Kg	*7003 Ti MT mg/Kg	*7003 Tl MT mg/Kg	*7003 V MT mg/Kg	*7003 Zn MT mg/Kg
SD19000003	AGUAS ABAJO DE LA INTERSECCION DE LA CUENCA DEL RIO SUCHES Y EL RIO JAPOJOLLU	361,8	9,784	≈<0,049	≈<0,2	0,48642	17,10	77,583	≈<0,13	36,478	60,31


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0048

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00010

Hoja de resultados

04/03/2019

Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7002	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7022	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003
		Ag	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
SD19000004	AGUAS ABAJO DE LA INTERSECCION DE LA INTERCUENCA DEL RIO SUCHES Y EL RIO CAYLLOMA	<0,24	> 10 000	<0,12	10,17	141,80	0,494163	486	4,2898	7,37670	20,667	21,70	> 10 000	0,06517	5 910	25,304	2 378	248,36	<0,038	438	15,151

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0050

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

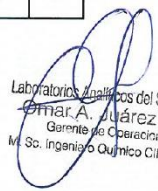
INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00010

Hoja de resultados

04/03/2019

Pág.: 3/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003
		P	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
SD19000004	AGUAS ABAJO DE LA INTERSECCION DE LA INTERCUENCA DEL RIO SUCHES Y EL RIO CAYLLOMA	322,4	<0,26	0,42010	<0,2	<0,085	19,03	100,46	<0,13	33,152	40,38


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0051

Anexo D

Informe de Ensayo de análisis de Sedimentos MuSe-05

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00011

Pág: 1/3

Hoja de datos

Señores: BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Dirección: PUNO
Atención: BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Proyecto: METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DE LA CUENCA SUCHES

Producto(s) Declarado(s): Sedimento
Nro de muestras: 1
Muestreo a cargo de(l): BETHY ANDY MAMANI VILLALBA
Registro de muestreo: 002-19
Fecha de recepción: 26/02/2019
Fecha de ensayo: 26/02/2019
Fecha de emisión: 04/03/2019
Condiciones de recepción de la muestra:
Observaciones : ----

Método de ensayo aplicado

*7002 EPA 200.7 Determinación de Arsénico en Suelos y Sedimentos (Lixiviación Ácida) por ICP -OES, Revisión 4.4.
*7003 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en suelos y sedimentos por ICP -OES, Revisión 4.4.
*7022 EPA 200.7 Determinación de Mercurio en Suelos y sedimentos (Lixiviación Ácida) por ICP -OES, Revisión 4.4.

Cod Int. #	Nombre de muestra	Lugar de muestreo	Punto de muestreo y/o coordenadas Coordenadas UTM Este / Norte	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
SD19000005	INTERCUENCA RIO SUCHES. HITO 8	INTERCUENCA RIO SUCHES, HUANCANE, COJATA, UMABAMBA	PUNTO 5	24/02/19	03:08 p.m.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Suárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniería Química CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0052

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

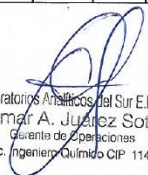
INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00011

Hoja de resultados

04/03/2019

Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7002	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7022	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003
		Ag	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
SD19000005	INTERCUENCA RIO SUCHES. HITO 8	≤0,24	> 10 000	≤0,12	15,17	184,63	0,635920	746	4,6472	8,53043	23,810	36,24	> 10 000	≤0,041	7 770	31,162	2 743	310,56	≤0,038	648	17,083


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0053

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

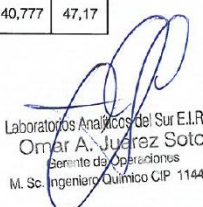
INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00011

Hoja de resultados

04/03/2019

Pág.: 3/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003
		P	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	Ti	V	Zn
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
SD19000005	INTERCUENCA RIO SUCHES. HITO B	366,6	<0,26	<0,049	<0,2	0,13945	23,84	134,79	<0,13	40,777	47,17


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Permiso de Operación
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

NH-18 N° 0066

Anexo E

Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-01: 24 horas

Análisis Probit - RESPUESTA

Variable dependiente: RESPUESTA

Tamaños de muestra: TOTAL

Factores:

CONCENTRACION

Modelo Estimado de Regresión (Máxima Verosimilitud)

		Error
Parámetro	Estimado	Estándar
CONSTANTE	-2.73377	0.442712
CONCENTRACION	0.0539941	0.0112763

Análisis de Desviación

Fuente	Desviación	Gl	Valor-P
Modelo	29.8201	1	0.0000
Residuo	3.63338	13	0.9945
Total (corr.)	33.4535	14	

Porcentaje de desviación explicado por el modelo = 89.139

Porcentaje ajustado = 77.1821

Pruebas de Razón de Verosimilitud

Factor	Chi-Cuadrada	Gl	Valor-P
CONCENTRACION	29.8201	1	0.0000

Análisis de Residuos

	Estimación	Validación
n	15	
CME	0.00756364	
MAE	0.0333314	
MAPE		
ME	-0.0000496953	
MPE		

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión probit para describir la relación entre RESPUESTA y 1 variable(s) independiente(s). La ecuación del modelo ajustado es

RESPUESTA = normal(eta)

en donde

$$\text{eta} = -2.73377 + 0.0539941 * \text{CONCENTRACION}$$

Como el valor-P de la tabla de Análisis de Desviaciones es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del 95.0%. Además, el valor-P para los residuos es mayor o igual que 0.05, indicando que el modelo no es significativamente peor que el mejor modelo posible para estos datos con un nivel de confianza del 95.0% o mayor.

Esta ventana también muestra que el porcentaje de desviación de RESPUESTA explicado por el modelo es igual a 89.139%. Este estadístico es similar al estadístico R-Cuadrada habitual. El porcentaje ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 77.1821%.

Para determinar si el modelo puede ser simplificado, note que el valor-P más alto para las pruebas de verosimilitud es 0.0000, que pertenece a CONCENTRACION. Como el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, usted probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

		<i>Error</i>		
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-2.73377	0.442712	-3.6902	-1.77735
CONCENTRACION	0.0539941	0.0112763	0.0296332	0.0783551

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

		<i>Error</i>		
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-2.73377	0.442712	-3.6902	-1.77735
CONCENTRACION	0.0539941	0.0112763	0.0296332	0.0783551

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

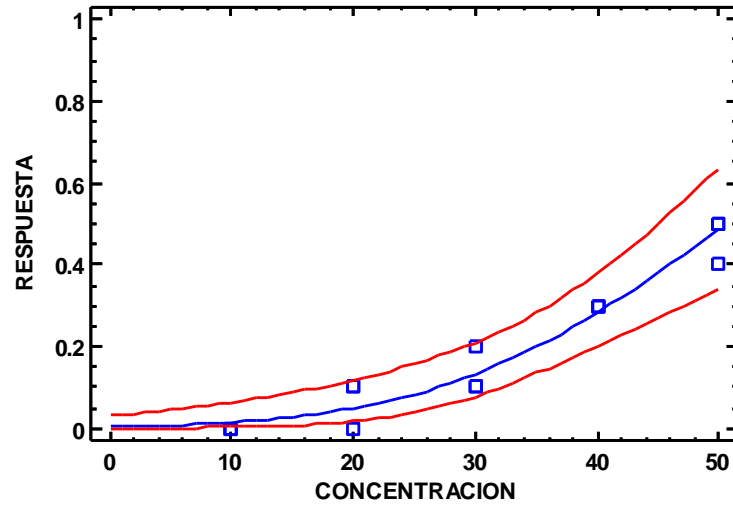
Tabla de Predicciones Inversas para CONCENTRACION

		<i>LC Inferior 95.0%</i>	<i>LC Superior 95.0%</i>
<i>Porcentaje</i>	<i>CONCENTRACION</i>	<i>Límite Conf.</i>	<i>Límite Conf.</i>
0.1	-6.60219	-37.7714	6.82715
0.5	2.92517	-21.8085	13.754
1.0	7.54575	-14.1021	17.1488
2.0	12.5944	-5.72604	20.9024
3.0	15.7977	-0.447571	23.3198
4.0	18.2073	3.49675	25.1648
5.0	20.1674	6.68286	26.6878
6.0	21.8357	9.37465	28.0042
7.0	23.2985	11.7159	29.1773
8.0	24.6083	13.7941	30.2459
9.0	25.7994	15.6662	31.2357
10.0	26.8959	17.3718	32.1644
15.0	31.4357	24.1816	36.2615
20.0	35.0437	29.161	39.9506
25.0	38.1391	33.0024	43.5459
30.0	40.9188	36.0851	47.1416
35.0	43.4947	38.6691	50.7462
40.0	45.9389	40.9332	54.3544
45.0	48.3037	42.9966	57.9726
50.0	50.6309	44.9391	61.6213
55.0	52.9581	46.8186	65.333
60.0	55.3229	48.6813	69.1519
65.0	57.7672	50.5696	73.1359
70.0	60.343	52.5294	77.3646
75.0	63.1227	54.6183	81.9542
80.0	66.2181	56.9206	87.0887
85.0	69.8262	59.5807	93.097
90.0	74.3659	62.9017	100.683
91.0	75.4624	63.7005	102.518
92.0	76.6535	64.567	104.514
93.0	77.9633	65.5184	106.709
94.0	79.4261	66.5795	109.162
95.0	81.0944	67.7877	111.962
96.0	83.0545	69.2051	115.254
97.0	85.4642	70.9448	119.304
98.0	88.6674	73.2531	124.691
99.0	93.7161	76.8834	133.191
99.5	98.3367	80.199	140.976
99.9	107.864	87.0206	157.044

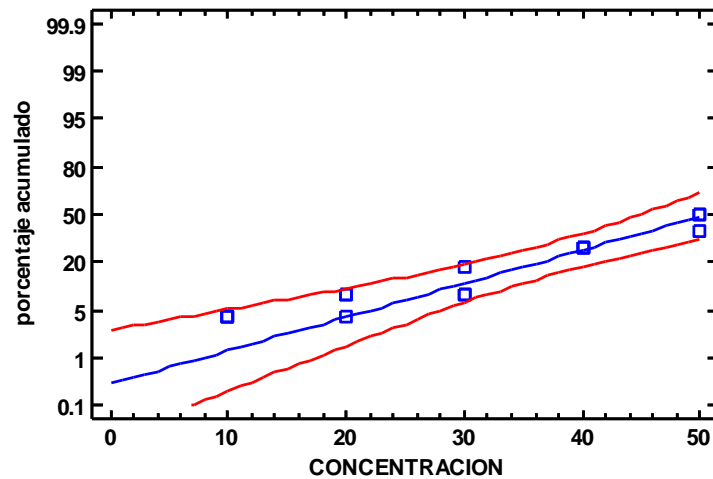
El StatAdvisor

Esta tabla muestra las predicciones inversas obtenidas del modelo ajustado. Las predicciones inversas indican el valor de CONCENTRACION al cual el modelo alcanza ciertos porcentajes. Por ejemplo, el valor correspondiente a $p=50\%$ (LD50) es igual a 50.6309. También se muestran intervalos fiduciarios aproximados de confianza para las predicciones inversas.

Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%



Probit(RESPUESTA)
con intervalos de confianza del 95.0%



Anexo F

Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-01: 48horas

Análisis Probit - RESPUESTA

Variable dependiente: RESPUESTA

Tamaños de muestra: TOTAL

Factores:

CONCENTRACION

Modelo Estimado de Regresión (Máxima Verosimilitud)

		Error
Parámetro	Estimado	Estándar
CONSTANTE	-2.30563	0.342214
CONCENTRACION	0.0615493	0.00958216

Análisis de Desviación

Fuente	Desviación	Gl	Valor-P
Modelo	50.8545	1	0.0000
Residuo	5.23278	13	0.9697
Total (corr.)	56.0873	14	

Porcentaje de desviación explicado por el modelo = 90.6703

Porcentaje ajustado = 83.5386

Pruebas de Razón de Verosimilitud

Factor	Chi-Cuadrada	Gl	Valor-P
CONCENTRACION	50.8545	1	0.0000

Análisis de Residuos

	Estimación	Validación
n	15	
CME	0.0201537	
MAE	0.0579323	
MAPE		
ME	0.010766	
MPE		

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión probit para describir la relación entre RESPUESTA y 1 variable(s) independiente(s). La ecuación del modelo ajustado es

RESPUESTA = normal(eta)

en donde

eta = -2.30563 + 0.0615493*CONCENTRACION

Como el valor-P de la tabla de Análisis de Desviaciones es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del

95.0%. Además, el valor-P para los residuos es mayor o igual que 0.05, indicando que el modelo no es significativamente peor que el mejor modelo posible para estos datos con un nivel de confianza del 95.0% o mayor.

Esta ventana también muestra que el porcentaje de desviación de RESPUESTA explicado por el modelo es igual a 90.6703%. Este estadístico es similar al estadístico R-Cuadrada habitual. El porcentaje ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 83.5386%.

Para determinar si el modelo puede ser simplificado, note que el valor-P más alto para las pruebas de verosimilitud es 0.0000, que pertenece a CONCENTRACION. Como el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, usted probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		
		<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-2.30563	0.342214	-3.04494	-1.56632
CONCENTRACION	0.0615493	0.00958216	0.0408483	0.0822503

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Tabla de Predicciones Inversas para CONCENTRACION

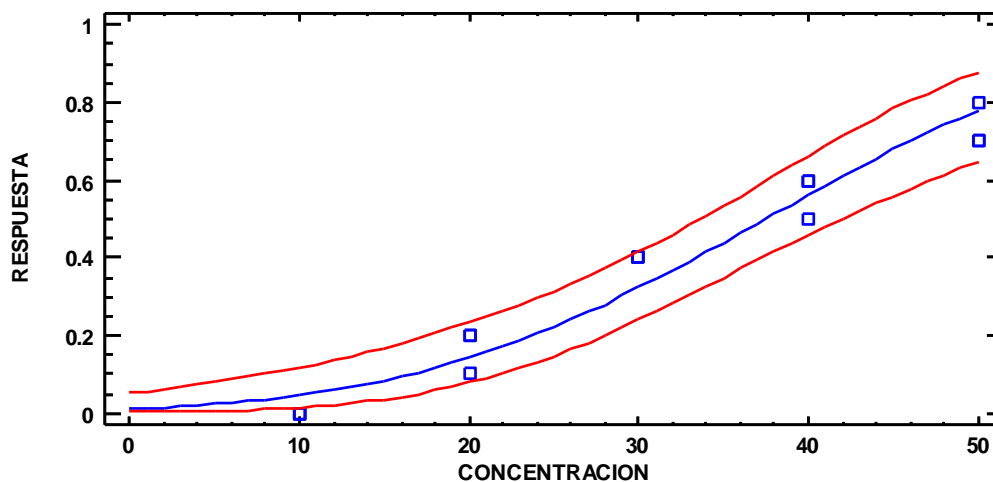
<i>Porcentaje</i>	<i>CONCENTRACION</i>	<i>LC Inferior 95.0%</i>	<i>LC Superior 95.0%</i>
		<i>Límite Conf.</i>	<i>Límite Conf.</i>
0.1	-12.7479	-33.549	-1.43814
0.5	-4.39003	-21.6273	5.07204
1.0	-0.336625	-15.863	8.24688
2.0	4.09234	-9.58439	11.7356
3.0	6.90236	-5.6154	13.9636
4.0	9.01623	-2.6395	15.6495
5.0	10.7357	-0.226514	17.0285
6.0	12.1992	1.82083	18.2088
7.0	13.4825	3.61021	19.2494
8.0	14.6315	5.20716	20.1863
9.0	15.6764	6.65461	21.0434
10.0	16.6383	7.98235	21.8369
15.0	20.6208	13.4188	25.1831
20.0	23.786	17.6412	27.941
25.0	26.5014	21.1594	30.4111
30.0	28.9399	24.2056	32.7427
35.0	31.1996	26.9066	35.025
40.0	33.3438	29.3436	37.3166
45.0	35.4183	31.5782	39.6571
50.0	37.4598	33.6633	42.0743
55.0	39.5014	35.6478	44.592
60.0	41.5759	37.5787	47.2361

65.0	43.7201	39.5022	50.0414
70.0	45.9798	41.4679	53.0589
75.0	48.4183	43.5364	56.3682
80.0	51.1337	45.7921	60.1008
85.0	54.2989	48.3761	64.4971
90.0	58.2814	51.579	70.0769
91.0	59.2432	52.3466	71.4306
92.0	60.2882	53.1783	72.9033
93.0	61.4372	54.0905	74.5251
94.0	62.7204	55.1066	76.3389
95.0	64.184	56.2624	78.4107
96.0	65.9034	57.6168	80.8483
97.0	68.0173	59.2772	83.8496
98.0	70.8273	61.4779	87.846
99.0	75.2563	64.9342	94.1571
99.5	79.3097	68.0873	99.943
99.9	87.6676	74.5674	111.895

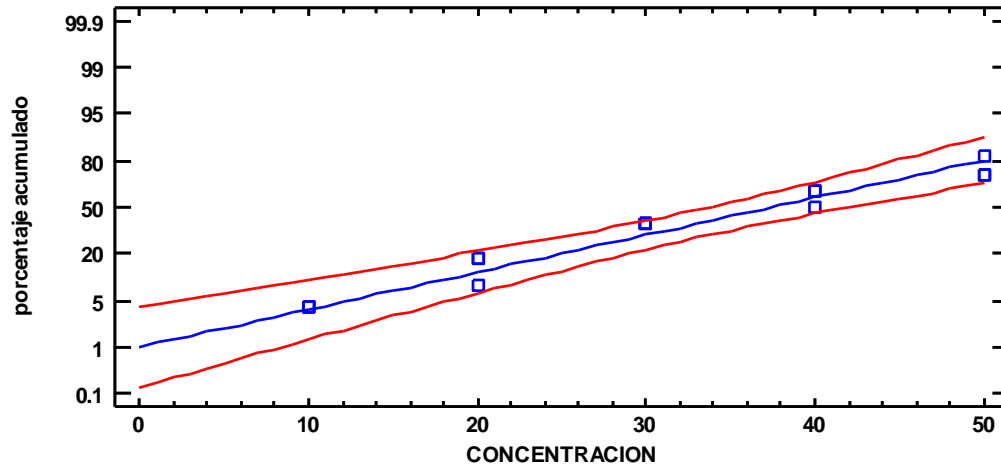
El StatAdvisor

Esta tabla muestra las predicciones inversas obtenidas del modelo ajustado. Las predicciones inversas indican el valor de CONCENTRACION al cual el modelo alcanza ciertos porcentajes. Por ejemplo, el valor correspondiente a $p=50\%$ (LD50) es igual a 37.4598. También se muestran intervalos fiduciarios aproximados de confianza para las predicciones inversas.

Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%



Probit(RESPUESTA)
con intervalos de confianza del 95.0%



Anexo G

Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-03: 24 horas

Análisis Probit - RESPUESTA

Variable dependiente: RESPUESTA

Tamaños de muestra: TOTAL

Factores:

CONCENTRACION

Modelo Estimado de Regresión (Máxima Verosimilitud)

		<i>Error</i>
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Estándar</i>
CONSTANTE	-2.77516	0.474018
CONCENTRACION	0.045371	0.00998489

Análisis de Desviación

<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	24.1139	1	0.0000
Residuo	3.18064	13	0.9972
Total (corr.)	27.2946	14	

Porcentaje de desviación explicado por el modelo = 88.347

Porcentaje ajustado = 73.6921

Pruebas de Razón de Verosimilitud

<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
CONCENTRACION	24.1139	1	0.0000

Análisis de Residuos

	<i>Estimación</i>	<i>Validación</i>
n	15	
CME	0.0119192	
MAE	0.0395163	
MAPE		
ME	0.00109995	
MPE		

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión probit para describir la relación entre RESPUESTA y 1 variable(s) independiente(s). La ecuación del modelo ajustado es

RESPUESTA = normal(eta)

en donde

eta = -2.77516 + 0.045371*CONCENTRACION

Como el valor-P de la tabla de Análisis de Desviaciones es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del

95.0%. Además, el valor-P para los residuos es mayor o igual que 0.05, indicando que el modelo no es significativamente peor que el mejor modelo posible para estos datos con un nivel de confianza del 95.0% o mayor.

Esta ventana también muestra que el porcentaje de desviación de RESPUESTA explicado por el modelo es igual a 88.347%. Este estadístico es similar al estadístico R-Cuadrada habitual. El porcentaje ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 73.6921%.

Para determinar si el modelo puede ser simplificado, note que el valor-P más alto para las pruebas de verosimilitud es 0.0000, que pertenece a CONCENTRACION. Como el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, usted probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		
		<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-2.77516	0.474018	-3.79921	-1.7511
CONCENTRACION	0.045371	0.00998489	0.0237999	0.0669421

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Tabla de Predicciones Inversas para CONCENTRACION

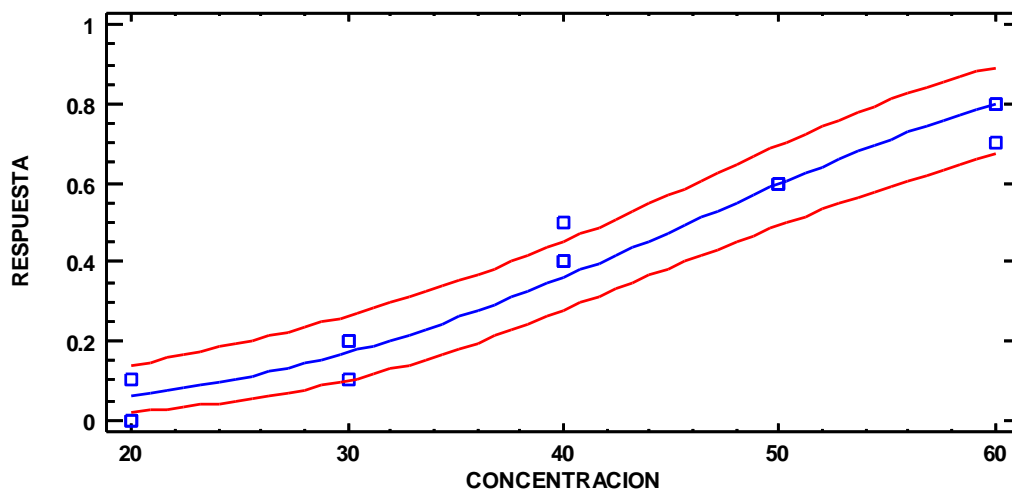
		<i>LC Inferior 95.0%</i>	<i>LC Superior 95.0%</i>
<i>Porcentaje</i>	<i>CONCENTRACION</i>	<i>Límite Conf.</i>	<i>Límite Conf.</i>
0.1	-6.94487	-47.5756	9.58247
0.5	4.39324	-27.8069	17.6732
1.0	9.892	-18.2557	21.6333
2.0	15.9002	-7.86522	26.006
3.0	19.7123	-1.3102	28.8176
4.0	22.5799	3.59304	30.9606
5.0	24.9125	7.55771	32.7275
6.0	26.8979	10.9106	34.253
7.0	28.6387	13.8299	35.6111
8.0	30.1974	16.4237	36.8473
9.0	31.615	18.7626	37.9916
10.0	32.9198	20.8953	39.0651
15.0	38.3224	29.4267	43.8086
20.0	42.6162	35.6558	48.13
25.0	46.2998	40.4048	52.4323
30.0	49.6079	44.1421	56.8234
35.0	52.6733	47.218	61.2796
40.0	55.5821	49.8809	65.7641
45.0	58.3963	52.2919	70.2681
50.0	61.1658	54.5552	74.81
55.0	63.9353	56.7427	79.4275
60.0	66.7496	58.9106	84.1748
65.0	69.6584	61.1091	89.1236

70.0	72.7238	63.392	94.3728
75.0	76.0318	65.8269	100.066
80.0	79.7155	68.5122	106.432
85.0	84.0093	71.617	113.878
90.0	89.4118	75.4958	123.274
91.0	90.7167	76.429	125.547
92.0	92.1343	77.4416	128.018
93.0	93.693	78.5534	130.736
94.0	95.4338	79.7936	133.773
95.0	97.4192	81.2061	137.239
96.0	99.7518	82.8633	141.313
97.0	102.619	84.8977	146.325
98.0	106.431	87.5976	152.992
99.0	112.44	91.8446	163.508
99.5	117.938	95.7245	173.14
99.9	129.277	103.709	193.015

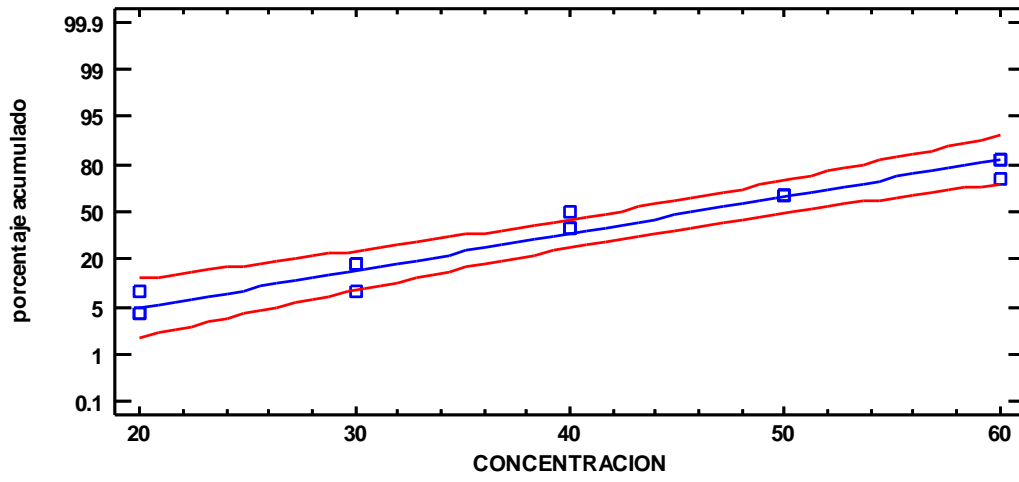
El StatAdvisor

Esta tabla muestra las predicciones inversas obtenidas del modelo ajustado. Las predicciones inversas indican el valor de CONCENTRACION al cual el modelo alcanza ciertos porcentajes. Por ejemplo, el valor correspondiente a $p=50\%$ (LD50) es igual a 61.1658. También se muestran intervalos fiduciarios aproximados de confianza para las predicciones inversas.

Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%



Probit(RESPUESTA)
con intervalos de confianza del 95.0%



Anexo H

Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-03: 48 horas

Análisis Probit - RESPUESTA

Variable dependiente: RESPUESTA

Tamaños de muestra: TOTAL

Factores:

CONCENTRACION

Modelo Estimado de Regresión (Máxima Verosimilitud)

		Error
Parámetro	Estimado	Estándar
CONSTANTE	-2.75844	0.414233
CONCENTRACION	0.0600828	0.00931093

Análisis de Desviación

Fuente	Desviación	Gl	Valor-P
Modelo	50.75	1	0.0000
Residuo	4.73657	13	0.9805
Total (corr.)	55.4866	14	

Porcentaje de desviación explicado por el modelo = 91.4636

Porcentaje ajustado = 84.2546

Pruebas de Razón de Verosimilitud

Factor	Chi-Cuadrada	Gl	Valor-P
CONCENTRACION	50.75	1	0.0000

Análisis de Residuos

	Estimación	Validación
n	15	
CME	0.0182335	
MAE	0.0394877	
MAPE		
ME	0.00858338	
MPE		

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión probit para describir la relación entre RESPUESTA y 1 variable(s) independiente(s). La ecuación del modelo ajustado es

RESPUESTA = normal(eta)

en donde

eta = -2.75844 + 0.0600828*CONCENTRACION

Como el valor-P de la tabla de Análisis de Desviaciones es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del

95.0%. Además, el valor-P para los residuos es mayor o igual que 0.05, indicando que el modelo no es significativamente peor que el mejor modelo posible para estos datos con un nivel de confianza del 95.0% o mayor.

Esta ventana también muestra que el porcentaje de desviación de RESPUESTA explicado por el modelo es igual a 91.4636%. Este estadístico es similar al estadístico R-Cuadrada habitual. El porcentaje ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 84.2546%.

Para determinar si el modelo puede ser simplificado, note que el valor-P más alto para las pruebas de verosimilitud es 0.0000, que pertenece a CONCENTRACION. Como el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, usted probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

Parámetro	Estimado	Error		
		Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
CONSTANTE	-2.75844	0.414233	-3.65334	-1.86354
CONCENTRACION	0.0600828	0.00931093	0.0399677	0.0801979

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Tabla de Predicciones Inversas para CONCENTRACION

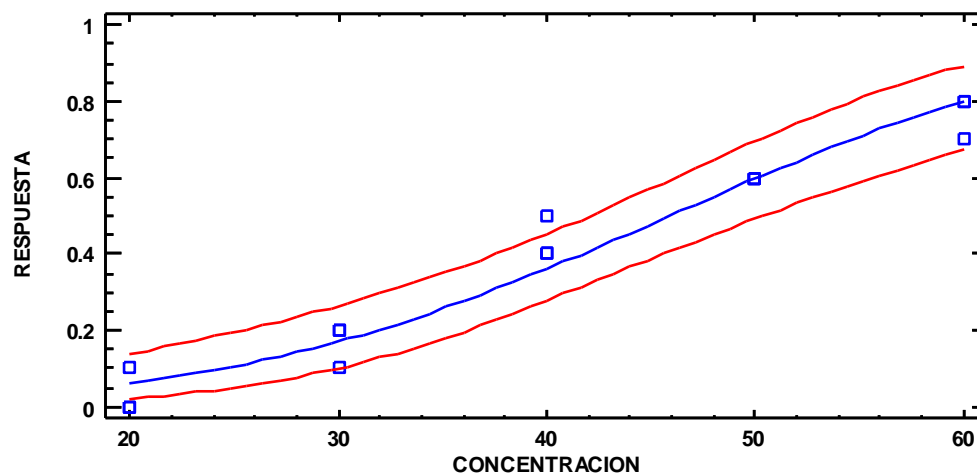
Porcentaje	CONCENTRACION	LC Inferior 95.0% Límite Conf.	LC Superior 95.0% Límite Conf.
0.1	-5.52259	-27.0362	6.19735
0.5	3.03928	-14.842	12.8672
1.0	7.19163	-8.9447	16.1186
2.0	11.7287	-2.51952	19.6897
3.0	14.6073	1.5434	21.9691
4.0	16.7728	4.59062	23.693
5.0	18.5342	7.06218	25.1023
6.0	20.0335	9.15986	26.3079
7.0	21.348	10.9938	27.3703
8.0	22.5251	12.6311	28.3263
9.0	23.5955	14.1156	29.2003
10.0	24.5809	15.4778	30.0091
15.0	28.6606	21.0623	33.4132
20.0	31.903	25.4107	36.2087
25.0	34.6847	29.0456	38.7026
30.0	37.1827	32.2043	41.0477
35.0	39.4975	35.0153	43.3369
40.0	41.6941	37.5589	45.6328
45.0	43.8193	39.8944	47.9796
50.0	45.9106	42.0726	50.4092
55.0	48.002	44.1418	52.9478
60.0	50.1272	46.1496	55.6224

65.0	52.3237	48.1438	58.4677
70.0	54.6385	50.1765	61.5351
75.0	57.1366	52.3107	64.9047
80.0	59.9182	54.634	68.7102
85.0	63.1607	57.2916	73.1965
90.0	67.2403	60.5824	78.8943
91.0	68.2257	61.3706	80.2771
92.0	69.2962	62.2246	81.7816
93.0	70.4732	63.161	83.4385
94.0	71.7878	64.204	85.2919
95.0	73.287	65.3902	87.4089
96.0	75.0485	66.7801	89.8999
97.0	77.2139	68.4838	92.9673
98.0	80.0925	70.7415	97.0519
99.0	84.6296	74.2869	103.503
99.5	88.7819	77.521	109.417
99.9	97.3438	84.167	121.635

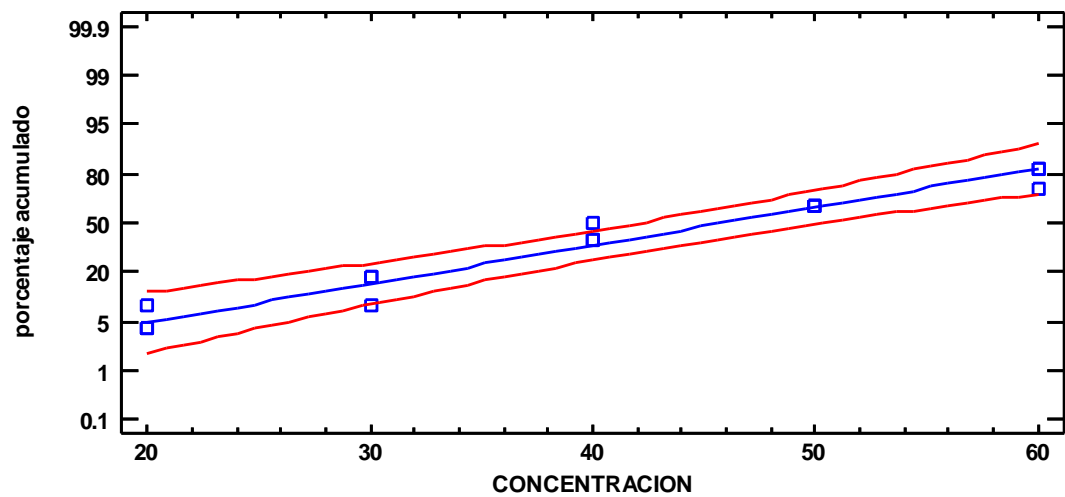
El StatAdvisor

Esta tabla muestra las predicciones inversas obtenidas del modelo ajustado. Las predicciones inversas indican el valor de CONCENTRACION al cual el modelo alcanza ciertos porcentajes. Por ejemplo, el valor correspondiente a $p=50\%$ (LD50) es igual a 45.9106. También se muestran intervalos fiduciarios aproximados de confianza para las predicciones inversas.

Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%



Probit(RESPUESTA)
con intervalos de confianza del 95.0%



Anexo I

Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-04: 24 horas

Análisis Probit - RESPUESTA

Variable dependiente: RESPUESTA

Tamaños de muestra: TOTAL

Factores:

CONCENTRACION

Modelo Estimado de Regresión (Máxima Verosimilitud)

		Error
Parámetro	Estimado	Estándar
CONSTANTE	-3.66311	0.577881
CONCENTRACION	0.0553433	0.0100795

Análisis de Desviación

Fuente	Desviación	Gl	Valor-P
Modelo	37.3401	1	0.0000
Residuo	7.68202	13	0.8637
Total (corr.)	45.0221	14	

Porcentaje de desviación explicado por el modelo = 82.9372

Porcentaje ajustado = 74.0527

Pruebas de Razón de Verosimilitud

Factor	Chi-Cuadrada	Gl	Valor-P
CONCENTRACION	37.3401	1	0.0000

Análisis de Residuos

	Estimación	Validación
n	15	
CME	0.0194745	
MAE	0.053818	
MAPE		
ME	0.00355589	
MPE		

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión probit para describir la relación entre RESPUESTA y 1 variable(s) independiente(s). La ecuación del modelo ajustado es

RESPUESTA = normal(eta)

en donde

eta = -3.66311 + 0.0553433*CONCENTRACION

Como el valor-P de la tabla de Análisis de Desviaciones es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del

95.0%. Además, el valor-P para los residuos es mayor o igual que 0.05, indicando que el modelo no es significativamente peor que el mejor modelo posible para estos datos con un nivel de confianza del 95.0% o mayor.

Esta ventana también muestra que el porcentaje de desviación de RESPUESTA explicado por el modelo es igual a 82.9372%. Este estadístico es similar al estadístico R-Cuadrada habitual. El porcentaje ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 74.0527%.

Para determinar si el modelo puede ser simplificado, note que el valor-P más alto para las pruebas de verosimilitud es 0.0000, que pertenece a CONCENTRACION. Como el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, usted probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

Parámetro	Estimado	Error		
		Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
CONSTANTE	-3.66311	0.577881	-4.91155	-2.41467
CONCENTRACION	0.0553433	0.0100795	0.0335677	0.0771188

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Tabla de Predicciones Inversas para CONCENTRACION

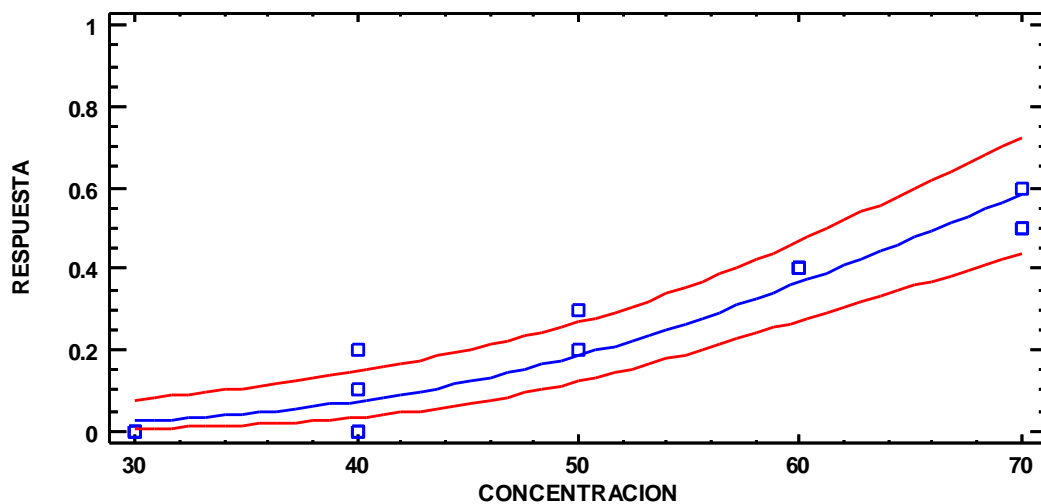
Porcentaje	CONCENTRACION	LC Inferior 95.0% Límite Conf.	LC Superior 95.0% Límite Conf.
0.1	10.351	-15.5619	22.9543
0.5	19.6461	-1.25755	29.9549
1.0	24.154	5.65058	33.3793
2.0	29.0796	13.1638	37.1559
3.0	32.2048	17.9033	39.5793
4.0	34.5557	21.4493	41.4218
5.0	36.468	24.3179	42.9363
6.0	38.0956	26.7456	44.2392
7.0	39.5228	28.8617	45.3943
8.0	40.8006	30.7444	46.4404
9.0	41.9627	32.4453	47.4032
10.0	43.0325	33.9998	48.3006
15.0	47.4615	40.2844	52.1677
20.0	50.9816	45.0248	55.4955
25.0	54.0015	48.8281	58.6141
30.0	56.7135	51.9887	61.6695
35.0	59.2266	54.694	64.7243
40.0	61.6112	57.0809	67.8031
45.0	63.9184	59.253	70.9193
50.0	66.1889	61.2877	74.0886
55.0	68.4593	63.2453	77.335
60.0	70.7665	65.1752	80.6933

65.0	73.1511	67.1229	84.2113
70.0	75.6642	69.1369	87.9574
75.0	78.3762	71.2771	92.0332
80.0	81.3961	73.6301	96.602
85.0	84.9162	76.3434	101.957
90.0	89.3452	79.725	108.727
91.0	90.415	80.5376	110.366
92.0	91.5771	81.4189	112.149
93.0	92.855	82.3862	114.11
94.0	94.2821	83.4647	116.303
95.0	95.9098	84.6925	118.806
96.0	97.822	86.1324	121.749
97.0	100.173	87.8991	125.371
98.0	103.298	90.2426	130.19
99.0	108.224	93.9269	137.796
99.5	112.732	97.2907	144.764
99.9	122.027	104.209	159.151

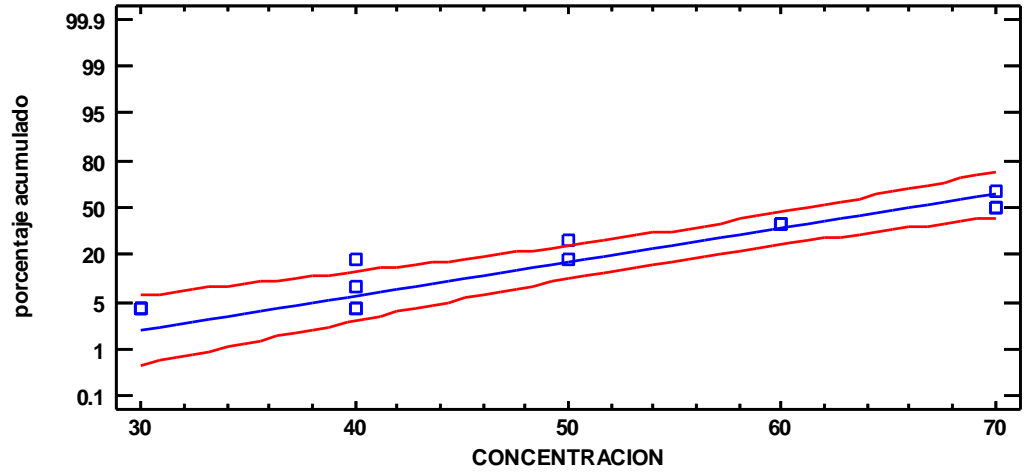
El StatAdvisor

Esta tabla muestra las predicciones inversas obtenidas del modelo ajustado. Las predicciones inversas indican el valor de CONCENTRACION al cual el modelo alcanza ciertos porcentajes. Por ejemplo, el valor correspondiente a $p=50\%$ (LD50) es igual a 66.1889. También se muestran intervalos fiduciarios aproximados de confianza para las predicciones inversas.

Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%



Probit(RESPUESTA)
con intervalos de confianza del 95.0%



Anexo J

Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-04: 48 horas

Análisis Probit - RESPUESTA

Variable dependiente: RESPUESTA

Tamaños de muestra: TOTAL

Factores:

CONCENTRACION

Modelo Estimado de Regresión (Máxima Verosimilitud)

		Error
Parámetro	Estimado	Estándar
CONSTANTE	-4.02476	0.567631
CONCENTRACION	0.0719377	0.0103526

Análisis de Desviación

Fuente	Desviación	Gl	Valor-P
Modelo	64.7466	1	0.0000
Residuo	3.7642	13	0.9935
Total (corr.)	68.5108	14	

Porcentaje de desviación explicado por el modelo = 94.5057

Porcentaje ajustado = 88.6672

Pruebas de Razón de Verosimilitud

Factor	Chi-Cuadrada	Gl	Valor-P
CONCENTRACION	64.7466	1	0.0000

Análisis de Residuos

	Estimación	Validación
n	15	
CME	0.0138693	
MAE	0.0468934	
MAPE		
ME	0.013392	
MPE		

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión probit para describir la relación entre RESPUESTA y 1 variable(s) independiente(s). La ecuación del modelo ajustado es

RESPUESTA = normal(eta)

en donde

eta = -4.02476 + 0.0719377*CONCENTRACION

Como el valor-P de la tabla de Análisis de Desviaciones es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del

95.0%. Además, el valor-P para los residuos es mayor o igual que 0.05, indicando que el modelo no es significativamente peor que el mejor modelo posible para estos datos con un nivel de confianza del 95.0% o mayor.

Esta ventana también muestra que el porcentaje de desviación de RESPUESTA explicado por el modelo es igual a 94.5057%. Este estadístico es similar al estadístico R-Cuadrada habitual. El porcentaje ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 88.6672%.

Para determinar si el modelo puede ser simplificado, note que el valor-P más alto para las pruebas de verosimilitud es 0.0000, que pertenece a CONCENTRACION. Como el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, usted probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		
		<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-4.02476	0.567631	-5.25105	-2.79846
CONCENTRACION	0.0719377	0.0103526	0.0495723	0.0943031

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		
		<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-4.02476	0.567631	-5.25105	-2.79846
CONCENTRACION	0.0719377	0.0103526	0.0495723	0.0943031

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Tabla de Predicciones Inversas para CONCENTRACION

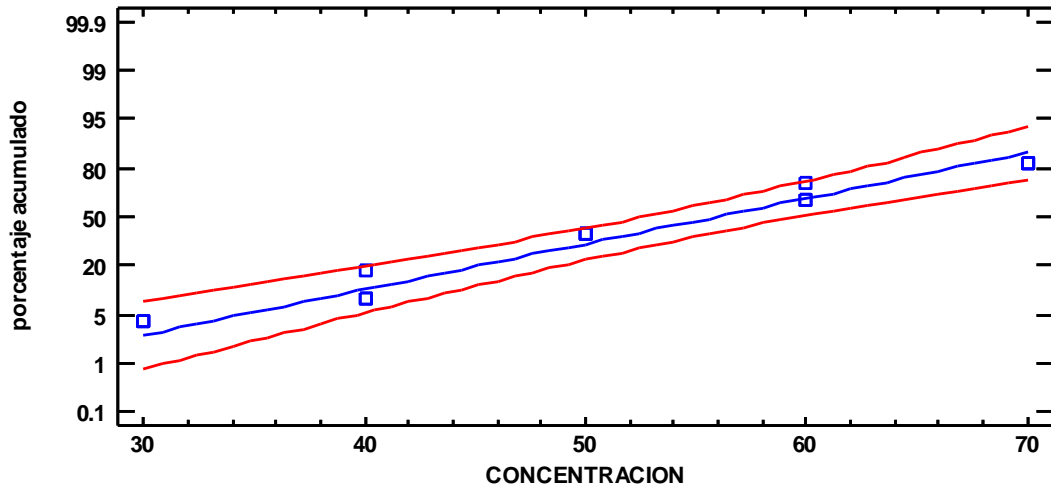
<i>Porcentaje</i>	<i>CONCENTRACION</i>	<i>LC Inferior 95.0%</i>		<i>LC Superior 95.0%</i>	
		<i>Límite Conf.</i>	<i>Límite Conf.</i>	<i>Límite Conf.</i>	<i>Límite Conf.</i>
0.1	12.9905	-3.41689		22.3917	
0.5	20.1414	6.44473		28.0681	
1.0	23.6095	11.2119		30.8366	
2.0	27.3988	16.4036		33.8787	
3.0	29.8031	19.6852		35.8212	
4.0	31.6117	22.1455		37.2908	
5.0	33.0828	24.1405		38.4925	
6.0	34.335	25.8332		39.5206	
7.0	35.433	27.3128		40.4267	
8.0	36.416	28.6334		41.2421	

9.0	37.3101	29.8306	41.9876
10.0	38.1331	30.929	42.6774
15.0	41.5405	35.4306	45.5796
20.0	44.2485	38.9365	47.958
25.0	46.5718	41.8715	50.0712
30.0	48.6582	44.4308	52.0454
35.0	50.5915	46.7217	53.9554
40.0	52.4261	48.8118	55.8515
45.0	54.2011	50.75	57.7701
50.0	55.9478	52.5757	59.7397
55.0	57.6945	54.3253	61.7856
60.0	59.4695	56.0339	63.9337
65.0	61.304	57.738	66.2158
70.0	63.2374	59.4789	68.6758
75.0	65.3238	61.308	71.3802
80.0	67.647	63.2986	74.4378
85.0	70.3551	65.5738	78.0469
90.0	73.7625	68.3877	82.6367
91.0	74.5855	69.0612	83.7515
92.0	75.4795	69.7906	84.9648
93.0	76.4626	70.5902	86.3012
94.0	77.5605	71.4805	87.7966
95.0	78.8127	72.4928	89.5051
96.0	80.2839	73.6784	91.5162
97.0	82.0925	75.1312	93.9933
98.0	84.4967	77.0555	97.293
99.0	88.2861	80.0758	102.507
99.5	91.7542	82.8296	107.288
99.9	98.9051	88.4854	117.171

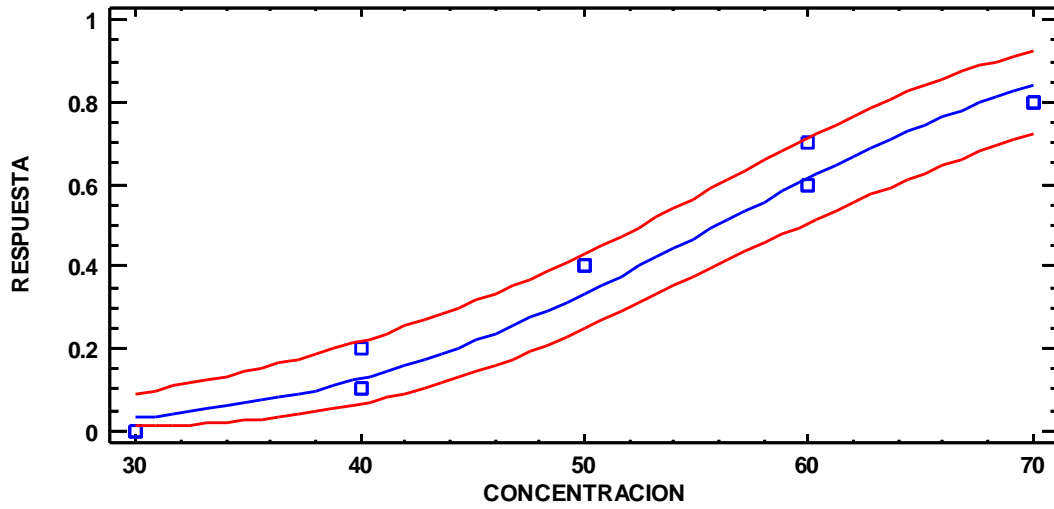
El StatAdvisor

Esta tabla muestra las predicciones inversas obtenidas del modelo ajustado. Las predicciones inversas indican el valor de CONCENTRACION al cual el modelo alcanza ciertos porcentajes. Por ejemplo, el valor correspondiente a $p=50\%$ (LD50) es igual a 55.9478. También se muestran intervalos fiduciaros aproximados de confianza para las predicciones inversas.

Probit(RESPUESTA)
con intervalos de confianza del 95.0%



Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%



Anexo K

Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-05: 24 horas

Análisis Probit - RESPUESTA

Variable dependiente: RESPUESTA

Tamaños de muestra: TOTAL

Factores:

CONCENTRACION

Modelo Estimado de Regresión (Máxima Verosimilitud)

		<i>Error</i>
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Estándar</i>
CONSTANTE	-3.60013	0.603422
CONCENTRACION	0.0490571	0.00921297

Análisis de Desviación

<i>Fuente</i>	<i>Desviación</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	32.5935	1	0.0000
Residuo	5.49183	13	0.9627
Total (corr.)	38.0853	14	

Porcentaje de desviación explicado por el modelo = 85.5802

Porcentaje ajustado = 75.0775

Pruebas de Razón de Verosimilitud

<i>Factor</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
CONCENTRACION	32.5935	1	0.0000

Análisis de Residuos

	<i>Estimación</i>	<i>Validación</i>
n	15	
CME	0.0178457	
MAE	0.0476266	
MAPE		
ME	0.00357112	
MPE		

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión probit para describir la relación entre RESPUESTA y 1 variable(s) independiente(s). La ecuación del modelo ajustado es

RESPUESTA = normal(eta)

en donde

eta = -3.60013 + 0.0490571*CONCENTRACION

Como el valor-P de la tabla de Análisis de Desviaciones es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del

95.0%. Además, el valor-P para los residuos es mayor o igual que 0.05, indicando que el modelo no es significativamente peor que el mejor modelo posible para estos datos con un nivel de confianza del 95.0% o mayor.

Esta ventana también muestra que el porcentaje de desviación de RESPUESTA explicado por el modelo es igual a 85.5802%. Este estadístico es similar al estadístico R-Cuadrada habitual. El porcentaje ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 75.0775%.

Para determinar si el modelo puede ser simplificado, note que el valor-P más alto para las pruebas de verosimilitud es 0.0000, que pertenece a CONCENTRACION. Como el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, usted probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

Parámetro	Estimado	Error		
		Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
CONSTANTE	-3.60013	0.603422	-4.90375	-2.29652
CONCENTRACION	0.0490571	0.00921297	0.0291536	0.0689605

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Tabla de Predicciones Inversas para CONCENTRACION

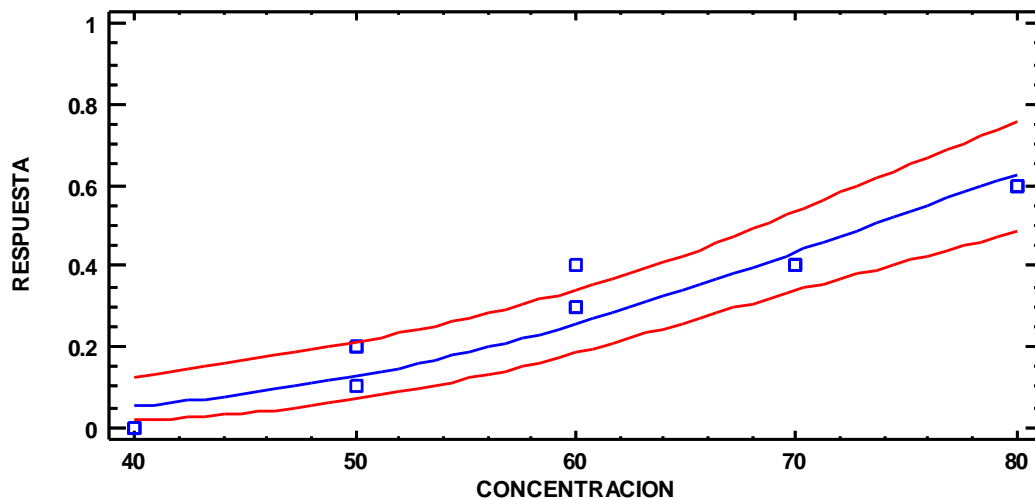
Porcentaje	CONCENTRACION	LC Inferior 95.0% Límite Conf.	LC Superior 95.0% Límite Conf.
0.1	10.3936	-21.5207	25.4334
0.5	20.8798	-5.0563	33.2281
1.0	25.9654	2.90449	37.0325
2.0	31.5222	11.5743	41.218
3.0	35.0478	17.053	43.8955
4.0	37.7	21.1589	45.9253
5.0	39.8573	24.486	47.589
6.0	41.6935	27.3069	49.016
7.0	43.3035	29.7703	50.2774
8.0	44.7451	31.9664	51.4163
9.0	46.0562	33.9545	52.4612
10.0	47.263	35.7757	53.4319
15.0	52.2596	43.1916	57.5754
20.0	56.2307	48.8659	61.0881
25.0	59.6376	53.4801	64.3555
30.0	62.6971	57.3411	67.5724
35.0	65.5322	60.6321	70.8402
40.0	68.2224	63.4971	74.1989
45.0	70.8252	66.0598	77.6576
50.0	73.3866	68.4231	81.22
55.0	75.948	70.6687	84.9
60.0	78.5509	72.863	88.7271

65.0	81.2411	75.064	92.7498
70.0	84.0761	77.3304	97.0422
75.0	87.1356	79.7321	101.718
80.0	90.5425	82.3679	106.964
85.0	94.5137	85.4036	113.115
90.0	99.5103	89.1845	120.894
91.0	100.717	90.0929	122.778
92.0	102.028	91.0779	124.826
93.0	103.47	92.159	127.079
94.0	105.08	93.3643	129.599
95.0	106.916	94.7365	132.475
96.0	109.073	96.3457	135.856
97.0	111.725	98.3202	140.017
98.0	115.251	100.939	145.554
99.0	120.808	105.057	154.292
99.5	125.893	108.817	162.297
99.9	136.38	116.552	178.822

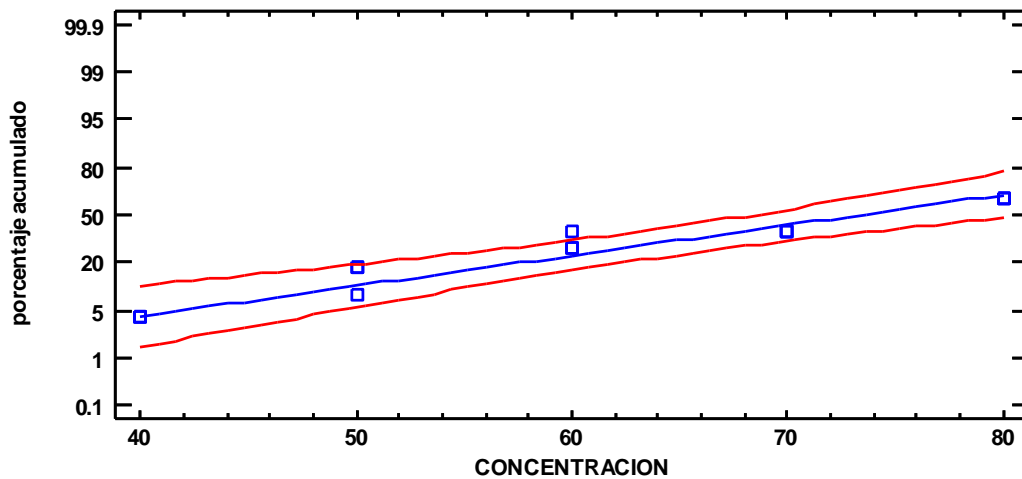
El StatAdvisor

Esta tabla muestra las predicciones inversas obtenidas del modelo ajustado. Las predicciones inversas indican el valor de CONCENTRACION al cual el modelo alcanza ciertos porcentajes. Por ejemplo, el valor correspondiente a $p=50\%$ (LD50) es igual a 73.3866. También se muestran intervalos fiduciarios aproximados de confianza para las predicciones inversas.

Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%



Probit(RESPUESTA)
con intervalos de confianza del 95.0%



Anexo L

Análisis estadístico Probit DL50, MuSe-05: 48 Horas

Análisis Probit - RESPUESTA

Variable dependiente: RESPUESTA

Tamaños de muestra: TOTAL

Factores:

CONCENTRACION

Modelo Estimado de Regresión (Máxima Verosimilitud)

		Error
Parámetro	Estimado	Estándar
CONSTANTE	-3.60133	0.560757
CONCENTRACION	0.0564779	0.00891922

Análisis de Desviación

Fuente	Desviación	Gl	Valor-P
Modelo	47.1595	1	0.0000
Residuo	8.16737	13	0.8325
Total (corr.)	55.3269	14	

Porcentaje de desviación explicado por el modelo = 85.238

Porcentaje ajustado = 78.0082

Pruebas de Razón de Verosimilitud

Factor	Chi-Cuadrada	Gl	Valor-P
CONCENTRACION	47.1595	1	0.0000

Análisis de Residuos

	Estimación	Validación
n	15	
CME	0.0478647	
MAE	0.0759664	
MAPE		
ME	0.0139849	
MPE		

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión probit para describir la relación entre RESPUESTA y 1 variable(s) independiente(s). La ecuación del modelo ajustado es

RESPUESTA = normal(eta)

en donde

eta = -3.60133 + 0.0564779*CONCENTRACION

Como el valor-P de la tabla de Análisis de Desviaciones es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, con un nivel de confianza del

95.0%. Además, el valor-P para los residuos es mayor o igual que 0.05, indicando que el modelo no es significativamente peor que el mejor modelo posible para estos datos con un nivel de confianza del 95.0% o mayor.

Esta ventana también muestra que el porcentaje de desviación de RESPUESTA explicado por el modelo es igual a 85.238%. Este estadístico es similar al estadístico R-Cuadrada habitual. El porcentaje ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 78.0082%.

Para determinar si el modelo puede ser simplificado, note que el valor-P más alto para las pruebas de verosimilitud es 0.0000, que pertenece a CONCENTRACION. Como el valor-P es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 95.0%. Consecuentemente, usted probablemente no quisiera eliminar ninguna variable del modelo.

Intervalos de confianza del 95.0% para los estimados de los coeficientes

Parámetro	Estimado	Error		
		Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
CONSTANTE	-3.60133	0.560757	-4.81278	-2.38989
CONCENTRACION	0.0564779	0.00891922	0.0372091	0.0757467

El StatAdvisor

Esta tabla muestra intervalos de confianza del 95.0% para los coeficientes en el modelo. Los intervalos de confianza muestran con que precisión se pueden estimar los coeficientes dada la cantidad de datos disponibles y del ruido que está presente.

Tabla de Predicciones Inversas para CONCENTRACION

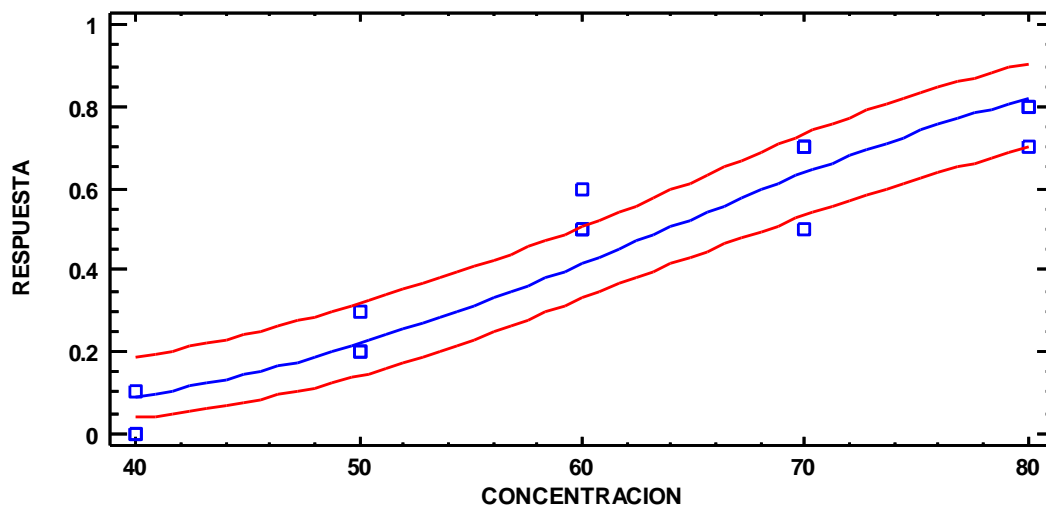
Porcentaje	CONCENTRACION	LC Inferior 95.0% Límite Conf.	LC Superior 95.0% Límite Conf.
0.1	9.0492	-14.9626	21.9385
0.5	18.1576	-1.86917	28.992
1.0	22.5749	4.4654	32.4283
2.0	27.4016	11.3697	36.2002
3.0	30.464	15.7376	38.6059
4.0	32.7676	19.0151	40.424
5.0	34.6415	21.6745	41.9095
6.0	36.2365	23.9326	43.1793
7.0	37.6349	25.9077	44.2975
8.0	38.8871	27.6717	45.3031
9.0	40.0259	29.272	46.2218
10.0	41.0742	30.7411	47.0713
15.0	45.4142	36.7734	50.6389
20.0	48.8636	41.4857	53.5563
25.0	51.8229	45.44	56.1476
30.0	54.4803	48.8912	58.5746
35.0	56.9429	51.9751	60.9376
40.0	59.2796	54.7738	63.3076
45.0	61.5405	57.3446	65.7376
50.0	63.7653	59.7363	68.2671
55.0	65.9902	61.9972	70.9273
60.0	68.251	64.1776	73.7477

65.0	70.5877	66.3302	76.7638
70.0	73.0503	68.5128	80.0281
75.0	75.7078	70.7947	83.6244
80.0	78.667	73.2708	87.6939
85.0	82.1164	76.0965	92.4979
90.0	86.4565	79.5896	98.6047
91.0	87.5048	80.4257	100.087
92.0	88.6436	81.3312	101.701
93.0	89.8957	82.324	103.478
94.0	91.2942	83.4296	105.465
95.0	92.8891	84.6868	107.736
96.0	94.763	86.1596	110.408
97.0	97.0667	87.9646	113.699
98.0	100.129	90.3562	118.081
99.0	104.956	94.1115	125.002
99.5	109.373	97.5366	131.347
99.9	118.481	104.575	144.456

El StatAdvisor

Esta tabla muestra las predicciones inversas obtenidas del modelo ajustado. Las predicciones inversas indican el valor de CONCENTRACION al cual el modelo alcanza ciertos porcentajes. Por ejemplo, el valor correspondiente a $p=50\%$ (LD50) es igual a 63.7653. También se muestran intervalos fiduciarios aproximados de confianza para las predicciones inversas.

Gráfica del Modelo Ajustado
con intervalos de confianza del 95.0%



Probit(RESPUESTA)
con intervalos de confianza del 95.0%

