

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



Una Institución Adventista

Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos
(Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos
superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca Azángaro –
Puno, 2018

Por:

Vanesa Incahuanaco Quispe

Asesor:

Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani

Juliaca, diciembre de 2018

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca Azángaro – Puno, 2018”** constituye la memoria que presenta la bachiller Vanesa Incahuanaco Quispe para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, 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 21 días del mes de diciembre del 2018.



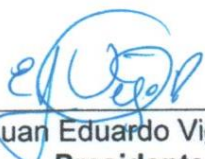
Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani


Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos
(Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de
sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca
Azángaro – Puno, 2018


TESIS


Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR


Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera
Presidente


MSc. Rose Adeline Callata Chura
Secretario


Mg. Madeleine Nanny Ticona Condori
Vocal


Ing Verónica Haydeé Pari Mamani
Asesora

Juliaca, 21 de diciembre de 2018

Dedicatoria

A María, mi madre, por su esfuerzo y carácter motivacional, por ser una mujer luchadora, su compañía y sus consejos me ayudaron a continuar y no rendirme; a mi padre, Andrés Miliano por la ayuda emocional e incondicional durante todo el transcurso de mi vida. Y a mis hermanos, por sus ejemplos de superación y valioso apoyo en todo momento, que me enseñaron a encarar las adversidades, y a no desfallecer en la meta.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por permitirme la oportunidad de vivir y con la bendición de haber logrado una de las metas propuestas.

A la Universidad Peruana Unión, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por darme la oportunidad de una educación superior, y a su plana docente por haberme acogido en mis estudios de pre grado.

A la Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani, por su apoyo, orientación y paciencia durante el asesoramiento de la tesis de pre grado.

A la Msc. Magali Flori Malca Soto, por su acertada dirección, orientación, paciencia y sus conocimientos compartidos durante consultas de apoyo.

A la Ing. Ruth Cáceres Mamani, por su orientación en la tarea de investigación y por su apoyo incondicional.

A mi Abuela por su cariño, motivación y compañía durante mi estudio de pre grado.

A mi tío Lino Hugo y su familia por su apoyo durante mi carrera universitaria.

Y a todas las personas que han podido formar parte de mi vida profesional a las que les agradezco, por su amistad, apoyo, consejo y motivación.

Índice General

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	16
1.1. Identificación del Problema	16
1.2. Justificación.....	19
1.3. Presuposición Filosófica	20
1.4. Objetivos	22
1.4.1. Objetivo general	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LA LITERATURA	23
2.1. Antecedentes	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23
2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.1.3. Antecedentes locales	27
2.2. Revisión de literatura.....	30
2.2.1. Contaminación	30
2.2.2. Metales pesados	35
2.2.3. Sedimentos	37
2.2.4. Metales Tóxicos	39

2.2.5. Componentes ambientales de la zona.....	51
2.2.6. Descripción del medio biológico.....	54
2.3. Marco normativo legal.....	57
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	59
3.1. Ámbito de estudio	59
3.2. Tipo de investigación	60
3.3. Materiales y equipos	61
3.4. Procedimientos de la investigación.....	61
3.4.1. Análisis estadístico	61
3.4.2. Parámetros de estudio.....	62
3.4.3. Ubicación de los puntos de muestreo.....	65
4.4.4. Recolección de muestra en sedimentos	68
CAPÍTULO IV RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	72
4.1. Niveles de contaminación en sedimentos superficiales	72
4.1.1. Evaluación de pH.....	73
4.2. Identificación de puntos críticos	81
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1. Conclusiones	89
5.2. Recomendaciones.....	90
Referencia.....	91

Anexos..... 99

Índice de tablas

Tabla 1. Lista de Minerías	33
Tabla 2. Valores de pH	50
Tabla 3. Balance hídrico a nivel de subcuenca (MMC) subcuenca Crucero.....	53
Tabla 4. Flora – cuenca Ramis	55
Tabla 5. Fauna de la cuenca Ramis	56
Tabla 6. Fauna Piscícola de Altiplano	56
Tabla 7. Camélidos sudamericanos	56
Tabla 8. Operacionalización de Variables	64
Tabla 9. Estaciones de muestreo – coordenadas UTM.....	66
Tabla 10. "Concentración de metales traza, según Canadá/OME"	71
Tabla 11. Resultados de laboratorio	72
Tabla 12. Resumen estadístico de resultados para pH.....	73
Tabla 13. Valor de prueba pH 6.5	74
Tabla 14. Valor de prueba pH 8.5	74
Tabla 15. Resumen estadístico de resultado para Cd	75
Tabla 16. Valor de prueba ISQGs 0.6 mg/kg	76
Tabla 17. Valor de prueba PEL 3.5 mg/kg.....	76
Tabla 18. Resumen estadístico de resultado para Pb.....	77
Tabla 19. Valor de prueba ISQGs 35.0 mg/kg	77
Tabla 20. Valor de prueba PEL 91.3 mg/kg.....	78
Tabla 21. Resumen estadístico de resultado para Hg	78
Tabla 22. Valor de prueba ISQGs 0.17 mg/kg	79

Tabla 23. Valor de prueba PEL 0.486 mg/kg	79
Tabla 24. Resumen estadístico de resultados para As	80
Tabla 25. Valor de prueba ISQGs 5.9 mg/kg	80
Tabla 26. Valor de prueba PEL 17 mg/kg	81

Índice de Figuras

Figura 1. Principales etapas de recuperación de oro por amalgamación.....	35
Figura 2. Ciclo del mercurio en la biósfera	42
Figura 3. Ciclo biogeoquímico del mercurio.....	43
Figura 4. Distribución del plomo en el organismo	47
Figura 5. Balance hídrico a nivel de subcuenca (MMC) subcuenca Crucero.	54
Figura 6. Estaciones de Estudio.....	67
Figura 7. Valores de pH.....	82
Figura 8. Presencia y concentración de Cadmio en la subcuenca	83
Figura 9. Presencia y concentración de Plomo en la subcuenca	85
Figura 10. Presencia y concentraciones de Mercurio en la subcuenca.....	86
Figura 11. Presencia y concentración de Arsénico en la subcuenca	87
Figura 12. Distribución de cuencas e identificación de la cuenca Azángaro	108
Figura 13. Mapa de ubicación de cuenca Azángaro y distribución de subcuenca de estudio	109

Índice de anexos

Anexo A. Marco lógico	100
Anexo B. Certificado de Laboratorio	101
Anexo C. Flujograma	102
Anexo D. Procedimiento de muestreo de sedimento.....	103
Anexo E. Panel Fotográfico de Muestreo.....	104
Anexo F. Conservación de Muestras	107
Anexo G. Mapa de Subcuenca del departamento de Puno.....	108
Anexo H. Informe de Laboratorio pH	110
Anexo I. Informe de laboratorio de metales tóxicos	112

Símbolos Usados

ANA	: Autoridad Nacional del Agua
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
MINAM	: Ministerio del ambiente
MINEM	: Ministerio de Energía y Minas
SQGs	: Soil Quality Guideline studies (Estudios de calidad de sedimentos)
PEL	: Provisional effect level (nivel de efecto provisional)
Mg/km	: Miligramos por kilogramos

RESUMEN

Los metales pesados muchas veces se encuentran en depósitos de sedimentos como contaminantes de las aguas, resultando importante evaluar la concentración de los mismos. El objetivo del presente trabajo fue identificar los puntos críticos de contaminación por metales tóxicos en sedimentos superficiales en la subcuenca del río Crucero. Se seleccionaron trece estaciones mediante el muestreo por conveniencia no probabilístico, realizado en el mes de octubre con el tipo de investigación descriptivo – transversal, el método de análisis fue por espectrometría de absorción atómica para Cd, Pb, Hg y As. Los resultados fueron comparados con la norma ambiental estándares de la Sediment Quality Guidelines (SQG - Líneas guía sobre la Calidad de los Sedimentos para la Protección de la Vida Acuática), donde se reportan dos límites: ISQG (Interim Sediment Quality Guideline) y PEL (Probable Effect Level) para la evaluación de sedimentos; fueron E6 (Pb) y E3 (Hg) concentraciones en sedimentos sin efectos biológicos adversos, E4 (Cd) y E6 (Cd) concentraciones en los sedimentos con efectos biológicos ocasionales y se presentaron nueve estaciones para As con concentraciones en los sedimentos de efectos biológicos adversos frecuentes. Se concluye la existencia de cuatro estaciones (E1, E3, E4 y E6) como puntos críticos en concentraciones en los sedimentos que presentan efectos biológicos ocasionales, por exposición a metales tóxicos.

Palabras clave: Calidad de sedimentos, Efectos biológicos, Identificación de puntos críticos, metales tóxicos, sedimentos superficiales.

ABSTRACT

Heavy metals are often found in sediment deposits as water pollutants, and it is important to evaluate their concentration. The objective of this work was to identify the critical points of contamination by toxic metals in surface sediments in the sub-basin of the Crucero River. Thirteen stations were selected through non - probabilistic convenience sampling, conducted in October with the descriptive - transversal type of investigation, the analysis method was by atomic absorption spectrometry for Cd, Pb, Hg and As. The results were compared with the standard environmental standards of the Sediment Quality Guidelines (SQG - Guidelines on the Quality of Sediments for the Protection of Aquatic Life), where two limits are reported: ISQG (Interim Sediment Quality Guideline) and PEL (Probable Effect Level) for the evaluation of sediments; were E6 (Pb) and E3 (Hg) concentrations in sediments without adverse biological effects, E4 (Cd) and E6 (Cd) concentrations in the sediments with occasional biological effects and presented nine stations for As with concentrations in the sediments of effects frequent adverse biological We conclude the existence of four stations (E1, E3, E4 and E6) as critical points in concentrations in the sediments that have occasional biological effects, due to exposure to toxic metals.

Keywords: Sediment quality, Biological effects, Identification of critical points, toxic metals, surface sediments

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

Los cuerpos de agua reciben, de manera directa o indirecta, las descargas de contaminación que son originados por diferentes actividades desarrolladas por el hombre teniendo lugar en diferentes ríos. Checalla Carbajal (2017) indica que cuando los desechos tóxicos son vertidos al agua, los compuestos que participan en la fase acuosa y la fase particulada son formadoras de sedimentos en el tiempo, de esta manera, los sedimentos son aceptores finales de contaminantes, actuando como fuentes secundarias de contaminación. La contaminación se genera en sedimentos suspendidos de manera natural, durante el desarrollo físico, biológico y antropogénico.

La actividad minera es una de las más perjudiciales y contaminantes, ya que la transmisión en cuerpos receptores es persistente en el tiempo, especialmente en caso de contaminantes inorgánicos como los metales pesados, que no pueden ser degradados; la actividad minera “genera residuos y lodos con metales pesados que ingresan en la superficie del entorno minero” (Hernández Hernández, 2011).

El aumento de la población coloca en amenaza la calidad del mundo, debido a que existe expansión de las actividades industriales, agrícolas y el cambio climático que altera el ciclo hidrológico mundial. La población debe de tener un compromiso y reto de proteger y mejorar el estado del agua de distintos acuíferos (Loayza Quispe & Cano Rojas, 2015).

Lo que se considera tóxico actualmente no es la presencia del metal, sino la concentración con que se muestra, además es de mucha importancia la conformación química con la que se presenta en el ambiente. Recalcando que el ser humano requiere concentraciones reducidas de estos químicos, sin generar alteraciones en el organismo.

UNESCO (1983) estableció que las áreas de utilidad primordial como son las zonas costeras (afluentes fundamentales como son las lagunas, ríos, ensenadas, estuarios y deltas) de Latino América, además indicar lo relativo al enigma de la extenuación de sedimentos, desorción, absorción durante el desarrollo de la mezcla de los ciclos geoquímicos que regula el aporte y esparcimiento de la materia orgánica.

Los sedimentos se conocen como la totalidad de lo adherido de partículas no consolidados a través del tiempo, fueron siendo introducidas en la hondura de los acuíferos por distintos agentes de traslado, la United Nations Organization for Agriculture and Food (FAO) menciona como ejemplo de velocidad del caudal, corriente de cuenca influenciado por la altura o fondo de arrastre; además, el sedimento por su destacada influencia sobre el estado de reacciones químicas del agua tanto superficiales y subterráneas como en la distribución y circulación durante el ciclo hidrológico.

La formación, constitución y diferencia de sedimentos de la reseña de análisis mineralógicos u otros en sedimentos, son formas de aporte de información de hechos pasados o alteraciones en el medio de estudio, dando así el conocimiento de procesos de su formación a través del tiempo (Checalla Carbajal, 2017).

La contaminación de la cuenca Azángaro se manifiesta en la parte alta, se da el dinamismo de las actividades de minerías informales ocasionando sólidos suspendidos totales, sedimentos

contaminados por presencia de metales, generadas desde las zonas de explotación en la altitud causadas en las zonas, generados por el proceso de amalgación generando impactos (Lobato Flores, 2013).

El ambiente, sus entornos de formación, la tierra, ríos y cuencas; existe abundante minería legal e ilegal, los recursos hídricos del departamento de Puno se encuentran contaminadas por metales ocasionados por actividades mineras, los territorios más reconocidos por el norte se encuentran en Cerro Lunar, La Rinconada, Ananea y Crucero, por el centro y sur se identificaron Azángaro, Juliaca y Puno, con contaminación de minería tipo metálico, amenazando la calidad de vida de poblaciones aledañas ocasionando conflictos sociales y económicos, porque los ríos contaminados son las que vierten al lago Titicaca (Ocola Salazar & Laqui Vilca, 2017).

Lobato Flores (2013) indica que la cuenca media (Antauta, Asillo, Azángaro) y su desembocadura en el lago Titicaca a una altitud de 3800 msnm, se encuentran impactadas como productos de las actividades mineras (Mina San Rafael, Minera Arasi, La Rinconada, Ananea, entre otras), el lago se ve afecta porque se sitúa en la parte baja de la cuenca, además de que se realiza el vertimiento de los procesos mecánicos (metales disueltos, sólidos en suspensión) de manera directa al río, por otra parte la existencia de pasivos ambientales (minera Cecilia, Ana María, cerro Inca Azul) y de lavado de oro según menciona MINEM (2013) y en forma anexa existe la carga natural de metales por erosión fluvial litogénica.

La cuenca Azángaro entabla desde el río Inambari – Ananea, punto de vertimiento de contaminantes ocasionados por diferentes actividades mineras entre empresas formales, informales y artesanales, la cual es empleado para bebida de animales, donde “probablemente

se haya generado un desplazamiento de contaminantes metálicos mediante el cauce de las aguas y sedimentos por los ríos que nacen en las parte encumbrada de la cuenca; y que finalmente abastecen al lago Titicaca” (ANA,2017).

1.2. Justificación

La presencia de los metales son requeridos en pequeñas cantidades para la salud del hombre, por ejemplo el hierro debe de mostrarse en proporciones límites que no generen daños de ningún tipo; es por tal que se considera de importancia cada análisis en las masas de agua y sedimento, se muestra también que en su mayoría los elementos pueden ser captadas por los sedimentos.

Según Pérez Contreras, Mendoza, & Gomez (2004) menciona que los ríos y la presencia de metales pesados en agua y sedimento constituyendo la disposición de información de carácter ambiental de dichos ríos y contribuir al diagnóstico de cada una de las cuencas a fin de facilitar las decisiones convenientes para el ambiente, la salud y el medio en general; en el plano social influirá eficientemente en la objetividad nacional de la mejora y sostenibilidad.

Debido a la toxicidad del metal pesado en sedimentos, los ríos podrían ser un problema para la salud donde se hace uso del recurso, los contaminantes afectarían a la población infantil y adolescente ya que se encuentran asociados al desarrollo de la capacidad intelectual, además de generar gastos para el tratamiento. Es así como el conocimiento de la concentración de metales permitirá la determinación de decisión correcta para el campo de la salud medioambiental y en el plano social, resultando positivo para la realidad nacional de la cuenca.

Quispe Yana (2017) menciona que lo social se denota que el crecimiento poblacional genera el incremento de producción de residuos sólidos y líquidos domésticos e industriales mineras aporta a la contaminación del cauce de los ríos.

La obtención de los bienes mineros en las épocas pasadas no contaba con tanto interés en la manipulación de sus desechos, durante la actividad de extracción no contaba con técnicas de cuidado ambiental (Romero Guadarrama, 2011).

La presente investigación plantea la existencia de contaminación por metales tóxicos (cadmio, plomo, mercurio y arsénico) en sedimentos superficiales en la subcuenca Crucero dados por los ríos principales reconocidos por la entidad competente, indicando la importancia de la cuenca Azángaro debido a que durante su transcurso formará parte de la cuenca Ramis que desembocará en el lago Titicaca.

La cuenca Azángaro y los ríos principales que la conforman vienen siendo afectados por zonas de minería metálica importante activa, además de ser un depósito de auríferos explotados (Zavala Carrión & Guerrero Bohorquez, 2006, p. 11) desde la cabecera Ananea formada por el río Inambari conformada por nevadas de Ananea y que son mezcladas con pasivos ambientales, por eso la investigación evaluó las concentraciones de metales tóxicos y así permitir la ubicación de puntos más críticos de la subcuenca del río Crucero, para posteriormente con la base de datos optar por métodos de remediación y reducir el transporte de metales.

1.3. Presuposición Filosófica

La tierra en la cual vivimos es una dádiva por parte del Dios creador, que nos dio las fuentes de agua (Apocalipsis 14:7; 11:17).

Los distintos desarrollos realizados por la humanidad, generan alteraciones en el estado inicial del planeta, desequilibrando el ambiente de vida de los seres tanto del ecosistema y del hombre.

Cada uno de nosotros debe de conocer que Dios muestra en sus escritos que de Jehová es la tierra y su plenitud; el mundo, y los que en él habitan (salmos 24:1) además en el libro del antiguo testamento (génesis 2:15: 15) menciona que Jehová Dios tomó al hombre y lo puso en el huerto de Edén, para que lo labrara y lo guardase, en esto nos detalla que nosotros pertenecemos a Dios y todo lo que existe, como parte de este nosotros estamos comprometidos a preservar y desarrollar el cuidado del ambiente que como padre nos encomendó.

Nosotros debemos recordar que “Dios creó todo con amor y en equilibrio” por ejemplo la conformación de metales fue dispuso de manera exacta la presencia de metales en el hombre, agua, suelo y sedimento, pero en la actualidad se muestran alteraciones en cuanto a las concentraciones además que esto en el tiempo acabará deteriorando la calidad de la vida acuática.

Estamos viviendo en un planeta que se está deteriorando con mucha rapidez, además del impacto que la humanidad ejerce sobre este es desastroso al pasar de los tiempos. La sobreexplotación y la negligencia del hombre hacen que los animales y las plantas se encuentren en desaparición.

Nuestro creador considera que nosotros debemos ser fieles siervos y administradores aptos y ordenados en cuanto al manejo de los recursos que nos fue dada, la presente investigación realiza el estudio de las concentración actuales de metales tóxicos (cadmio, plomo, mercurio y arsénico) en los sedimentos superficiales de la subcuenca del río Crucero en un recorrido desde el distrito Ananea al distrito Achaya, pertenecientes a la cuenca Azángaro, el conocimiento de la determinación de las concentraciones de metales en sedimentos indicarán el estado actual del río.

Además se debe de recalcar que cuando Dios creó todo a la perfección es que buscaba que nosotros sus hijos estemos en un ambiente sano, pero al pasar el tiempo y los intereses del hombre hicieron que el medio ambiente se encuentre contaminado y así disminuyendo los servicios del ecosistema, creando enfermedades, tensión, conflicto y desigualdad, y así olvidando lo que Dios nos dejó al inicio.

La tierra y su estado de cuidado deberían de ser un trabajo en equipo, considerando que cada uno tiene la capacidad de contribuir al desarrollo equilibrado del consumo de recursos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar los puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (cadmio, plomo, mercurio y arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la subcuenca Crucero.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la presencia y concentración de metales tóxicos (cadmio, mercurio, plomo, arsénico) y parámetro químico (pH) en muestras de sedimentos superficiales.
- Determinar el grado de contaminación por las concentraciones de los metales tóxicos en sedimentos superficiales de la subcuenca del río Crucero, según directrices de calidad de sedimentos Canadian Environmental Quality Guidelines.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Zhao et al. (2018) en la investigación realiza tuvieron como objetivo reconocer las propiedades de los sedimentos y evaluar la contaminación por metales pesados en el río Perla, China. Para el muestreo se trabajó con 323 muestras de sedimentos del río. Los resultados mostraron concentraciones variadas, valores altos en As, Cr, Cu, Pb y Zn, pero respecto a criterios cumplió con estándares. Concluyeron que el índice de geo-acumulación existente es de contaminación moderada en cuanto a Cd en la zona de estudio y las distribuciones ecotoxicológico probablemente con es de un 21% ejerciendo un estrés tóxico en sedimentos.

Manoj, Thakur, Uddandam, & Prasad (2018) en su investigación tuvieron el objetivo de evaluar la contaminación por metales en sedimentos de Vembanad humedal, desde la ciudad urbana del sudoeste de la India. Para la metodología se llevó a lo largo de la longitud del sistema de humedales en marzo 2012 con un total de 17 muestras de sedimentos superficiales se recogieron de 2 a 7 m de profundidad utilizando el instrumento de Van-Veen sampler.

Los resultados del estudio indican que la presencia de Cd mostró muy alto grado de enriquecimiento en los sedimentos superficiales. Los valores más altos de metales tales como Cd, As, Pb y Zn en la mayoría de los sitios del norte podrían haber resultado por la descarga de efluentes de industrias químicas cercanas y por el mayor uso de fertilizantes, pesticidas,

insecticidas, refino de petróleo, procesamiento de metales y actividades urbanas a través de Periyar y río Chithirapuzha y otros canales pequeños.

Herrera Núñez, Rodríguez Corales, Coto Campo, Salgado Silva, & Barbón Alpizar (2013) durante su investigación tuvieron el objetivo de evaluar las concentraciones de metales pesados en sedimentos superficiales del río Pirro. La metodología para la recolección de muestras se consideró como criterio la incrementación del caudal no genere cambios dinámicos fluviales de los cuerpos de agua.

El producto del estudio señala que “la aglomeración de metales en el río Pirro son muy elevadas, la gran proporción de las sustancias analizadas en todos los puntos de muestreo se deduce que los sedimentos más abundantes son las inorgánicas”. Concluyendo que la naturaleza poco orgánica de los sedimentos y el pH de agua tienen una gran coincidencia en la movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados.

En el artículo de investigación realizado por Pérez Contreras et al.(2004) se tuvo el objetivo de determinar presencia de metales pesados en aguas y sedimentos del río Haina de República Dominicana y conocer si está dentro de los estándares establecidos por norma de Canadian Environmental Quality Guidelines. La metodología de muestreo fue al azar del río y la época de muestreo fue en épocas de estiaje y lluvias, los análisis realizados fueron por espectrofotometría de adsorción atómica.

Los resultados de la investigación indica que en agua solo se encontró presencia de hierro y cobre fuera del estándar nacional y en caso de sedimentos resultó existencia de presencia de cromo, plomo, hierro, níquel y cobre los más altos en su concentración superando los estándares de la norma Canadiense. la investigación realizada por Jimenez Verdesoto (2012) tuvo como

objetivo de determinar las concentraciones de metales pesados en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiensis*) ostión de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)". La metodología de muestra fue de manera aleatoria para agua y sedimentos. Los resultados en valores de sedimentos y ostión mostraron que existe concentraciones altos en cadmio, cromo, níquel y plomo, relegando lo ambiguo del medio existente del ecosistema generado por la actividad antropogénica acelerada ocasionando deterioro en el medio.

López, Senior, Fermín, Marquéz, & Martínez (2006) en la investigación que realizaron tuvieron el objetivo de determinar el fraccionamiento geoquímico de los metales en sedimentos superficiales de la laguna de Píritu - Venezuela, la metodología de muestreo en sedimentos superficiales fue aplicada la técnica de extracción química selectiva, en óxidos de hierro, manganeso y materia orgánica.

Los resultados del proceso estadístico se aplicó la varianza simple y prueba a posterior son ambas a un $\mu = 0,05$; los resultados de la investigación resultan que el 50% del hierro, cromo y plomo estuvieron asociados a la fracción residual; en cuanto a cadmio estuvo relacionado a los iones intercambiables.

Bravo Chaves, Piedra Marín, & Piedra Castro (2012) en su investigación tuvieron el objetivo de determinar el efecto de las actividades antropogénicas de las comunidades aledañas de los metales pesados. La metodología de recolección de muestreo se contó con cinco puntos de muestreo y tres adicionales con el fin de valorar la condición de los sedimentos utilizando la norma establecida por el Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá". Concluyendo a través de los resultados que las comunidades aledañas ejercen impactos negativos respecto a la calidad

de los sedimentos, el efecto de contaminación generado por tales actividades se clasificó como efecto menor.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Para Isern Roselló & Martínez Planas (2011) en la investigación tuvieron el objetivo de determinar las concentraciones de metales pesados en sedimentos procedentes de actividades mineras en Cuenca del río Jequetepeque. En su metodología para la recolección de muestras recomienda que sean puntos para los que se conozcan información de datos históricos de calidad del agua; en primer lugar se desarrolló el estudio de distribución de metales entre sedimentos, además se evaluó la capacidad de extraer metales pesados en sedimentos a diferentes valores de pH con el ácido nítrico.

Y como resultado se tiene concentraciones de pH con mayores a 4 y los valores de arsénico, cadmio y plomo tuvo valores altos. Concluyendo que no existe ningún efecto negativo en los ecosistemas acuáticos con un pH de 4 pero si se encuentran con valores de 0 y 3 el cobre puede suponer un efecto negativo.

El estudio que realizan Huaranga Moreno, Méndez García, Quilcat León, & Huaranga Arévalo (2012) tuvieron el objetivo de conocer la contaminación por metales pesados en la cuenca del río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú, para la metodología de muestreo se contó con ocho estaciones de muestreo para análisis de agua, suelo y cultivos en presencia de metales pesados más representativos. Resultando que en los suelos las mayores concentraciones se encontraron en la margen derecha de la cuenca baja para el año 1980: hierro; plomo; cadmio; cobre; zinc y arsénico y en relación con la acumulación de metales en los cultivos hierro fue de

mayor concentración siendo el más significativo para cultivos en la Yuca. Se concluye que existe mayor contaminación a nivel de análisis de suelo presentando en la cuenca alta.

2.1.3. Antecedentes locales

Lobato Flores (2013) en la investigación de la determinación de concentraciones en metales en la cuenca alta del río Ramis, que se caracteriza por mostrar ocurrencias de grandes fluvio-glaciares que contienen oro, además según el monitoreo del 2010 indica que los valores sobrepasan los estándares de calidad ambiental para agua, en cobre, plomo, zinc, cadmio, hierro, manganeso y arsénico.

La metodología de muestreo se consideró la ubicación de poblaciones importantes, existencia de fuentes de contaminación, tener accesibilidad al punto de monitoreo. Los resultados muestran que los valores en zinc, cobre, cadmio, arsénico y mercurio presentaron valores de moderado alto y alto en concentraciones de las 11 estaciones de estudio, esto según indica la norma Canadian Environmental Quality Guideline de directrices de calidad de sedimentos en protección de vida acuática. Se concluye que los puntos de mayor impacto negativo se encuentran desde la naciente del río Ramis que está en relación directa con el grado del movimiento de material de la parte alta.

Según Checalla Carbajal (2017) durante su investigación sobre los efectos de iones químicos y microorganismos existentes en los sedimentos de la bahía interior de la ciudad de Puno, detallando la composición de que un sedimento aporta información sobre las diferentes combinaciones de los datos de los análisis químicos y mineralógicos de sedimentos que muestra la historia de diversos procesos dando lugar a la información de los contaminantes presentes. La metodología de muestreo para metales pesados en la bahía se consideró cuatro muestras

representativas de sedimentos ya que en la actualidad no existen normas para la selección de puntos para el recojo de muestras en sedimentos, por lo que recomienda que este será seleccionada de acuerdo a las condiciones locales.

Los resultados obtenidos se obtuvieron valores elevados para cadmio, arsénico, cromo, cobre y que fueron presentes como elementos tóxicos de la bahía del Lago Titicaca, según la norma Canadiense de sedimentos para la protección de la vida acuática.

Según el artículo de investigación presentado por Flores Ponce (2018) tuvo como objetivo mostrar las concentraciones de metales pesados y metaloides de contaminación en el río Grande, se contó con cinco puntos de muestreo en dos temporadas de monitoreo, considerando como criterio la contaminación antropogénica y litológica en el río Grande que recorre las provincias de Ananea y Crucero.

Los resultados de la investigación en la primera temporada del 2016 realizada en épocas de lluvia, indican que los valores sobrepasan los estándares del MINAM en aluminio, plomo, arsénico, hierro y en el monitoreo de la segunda temporada de estiaje resultaron valores altos en níquel y hierro, silicio y aluminio, con el pH de (5.40 – 5.80) que son ligeramente ácidas por lo cual es que se solubilizan y movilizan cierto número de metales tóxicos como el plomo, arsénico, aluminio, níquel y son arrastradas río abajo y aumentando la conductividad.

Concluyendo que la contaminación se presenta por el movimiento de grandes cantidades de mineral que se realizan para la recuperación de oro, y que el río Grande no es apto para riego y consumo humanos sino antes de ser tratada adecuadamente.

Pacori Mamani (2017) en su reporte indica las investigaciones según el estudio realizado por INGEMMET realizado el año 2006 en la cuenca Ramis, constató la presencia de pasivos

ambientales generados por la minería y se encuentran inventariados; indicando que existen ocho pasivos entre bocaminas y socavones con botadero al pie, tajos abiertos, depósitos de relaves, escombros e instalaciones abandonadas, como el Valle del río Cecilia (mina Cecilia), con presencia de drenajes ácidos; plantas abandonadas contaminación acentuada de las aguas, e impacto en el suelo y flora.

Por otra parte INGEMMET, informa datos obtenidos por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI, 2001) que el distrito de Ananea a través del depósito fluvioglacial de san Antonio de Poto, emplazado en Pampa Blanca se encuentra cubierta por hielo y el oro se encuentra asociada a gravas, el área de fragmentación en pizarras, arcillas, las cuales drenan hacia el río Crucero, aumentando fuertemente su turbidez, cerca se ubica la planta de lavado de Buena Fortuna con un depósito de relaves.

En La Rinconada se identificaron relaves con cianuración, mostrando elevados niveles de mercurio, la cual drena hacia la laguna Rinconada; ubicada aguas abajo hacia el este en el margen derecho del río Crucero, donde se lleva acabo el lavado de oro Aluvial Misisin, que drena al río Crucero.

Cornejo Olarte & Pacheco Tanaka (2014) en su investigación tuvieron como objetivo evaluar la contaminación de agua y sedimento por As, Pb y Mg de la cuenca del río Ramis. La recolección de muestras se dio en 13 puntos de muestreo, dividido en tres subcuencas, monitoreados en cuatro épocas del año 2009, para evaluar la variación estacional de los parámetros.

Los resultados según el reporte de concentraciones de ECA-Perú en agua superó en Pb, As y Hg, y en sedimentos según USEPA-USA se mostró alto en As, Hg y Pb. Concluyendo que el

deterioro y la alteración acelerada del ecosistema se debe a las actividades mineras medianas y artesanales, que son originadas en las cabeceras de la cuenca como es La Rinconada y Ananea, añadiendo además la generación de pasivos ambientales de la minera Ceciclia, San Rafael y Arasi.

Monroy, Maceda-Veiga, & Sostoa (2014) según el estudio realizado en el lago Titicaca tuvieron el objetivo de evaluar las concentración de metales en el agua, sedimento y en cuatro especies de peces del lago. La metodología en la evaluación en peces fue determinar las concentraciones de metales en especies bentopelágicos.

Los resultados para agua y sedimentos y su relación con las variables ambientales indican que son significativas debido a que las concentraciones de metales indican que el área de estudio tiene alto nivel de metal detectados en las cuatro especies halladas en el tejido hepático como depositario principal para todos los metales a excepción de mercurio, indicando además que las autoridades deben de hacer cumplir la legislación para el agua y pez el consumo de pescado y para evaluar los efectos de la contaminación por metales en peces salud.

2.2. Revisión de literatura

2.2.1. Contaminación

La contaminación es la presencia de agente o una mezcla de estos en lugares, formas y concentraciones puedan ser dañinos para la calidad ambiental, seguridad o bienestar de la población, para la vida de los animales y vegetales.

Apaza Porto (2016) indica que la contaminación en cuerpos de agua superficiales y subterráneas, podrían ser residuos urbanos o industriales, generadas por agentes, bacterias, virus

y otros microorganismos, materia orgánica, metales pesados (mercurio, cadmio, arsénico, cobre, zinc, cromo y vanadio), detergentes, plaguicidas, etc.

El progreso tecnológico, en un parte genera crecimiento demográfico, y pero también produce alteraciones al medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológicos de la tierra. El avance de la tecnología debe de tener compatibilidad y mantenimiento con el equilibrio ecológico.

A. Origen de metales en el ambiente acuático

Los sistemas acuáticos continentales, es este caso hablamos de lagos, indican que la contaminación en forma natural no sería tan devastadora como la que se realiza con la intervención del hombre y que las cantidades dependen mucho del tipo de actividad.

Los metales pueden tener diferentes orígenes como los siguientes:

- **Origen en los sistemas acuáticos**
- **Origen natural**
- **Origen antrópico**
- **Origen agropecuario**
- **Origen industrial**
- **Origen doméstico urbano**

Garcia et al. (2002) menciona que “el agua es un compuesto con características únicas, de gran significancia para la vida” además indica que a molécula del agua es una combinación de un átomo de oxígeno con dos de hidrogeno, y que son fundamentales para la vida terrestre.

Para Loayza Quispe & Cano Rojas (2015) el agua es considerada como el motor que desarrollo la riqueza, que constituye un pilar fundamental para el progreso del hombre. La gestión de los recursos hídrico, ha sido siempre un objeto prioritario para los recursos hídricos, se encuentran dirigidas a satisfacer la demanda suficiente, bajo política de oferta.

B. Impactos ambientales

La minería ilegal es generadora de la contaminación en suelos, agua y aire. El movimiento de tierra que ocasiona la extracción de los minerales afecta la topología de la zona donde se realiza la explotación y su posible traslación mediante sedimentos en el agua o como material particulado, ocasionando la alteración del ecosistema y la pérdida de hábitat para algunas especies.

Quispe Yana (2017) menciona que las actividades mineras generan contaminantes que no son biodegradables por lo tanto su permanencia en el ambiente son una amenaza a largo plazo para el hombre y el ecosistema. Los cambios biológicos generados debido a la contaminación ocurren en todos los niveles desde el cambio al nivel molecular hasta cambios considerables a niveles de comunidad; además que muy poco se conoce acerca de las significancias de los metales pesados en los ecosistemas.

En los lugares de drenaje de minas fluyen en cursos de agua dulce y generando con frecuencia efectos ecológicos evidentes como es la reducción de la fauna invertebrada y la ausencia de peces.

C. Impactos de la actividad minera

La minería genera impactos de carácter ambiental, socioeconómico y daños familiares, Monroy, Maceda-Veiga, & Sostoa (2014) hace mención de que la actividad minera realiza

descargas de agua residuales urbanas y que son “fuentes principales de insumos de metal que llegan al lago Titicaca, por lo que la contaminación por metales a la vida silvestre y las poblaciones humanas ha sido poco estudiada”(p. 12).

A. a. La actividad minera formal

En la siguiente Tabla 1 muestra las compañías mineras activas e inactivas que tienen unidad en la cuenca del río Azángaro.

Tabla 1
Lista de Minerías

Nombre	Planta	Distrito	Provincia	Estado
Minera Ananea	Ana María	Ananea	San Antonio de Putina	Activa
MINSUR	San Rafael	Antauta	Melgar	Activa
Mina Cecilia	Cecilia	Putina	San Antonio de Putina	Activa

Fuente: KLOHN CRIPPEN-SVS S.A. (1998).

Zavala Carrión & Guerrero Bohorquez (2006) señala que existen minas paralizadas, generadoras de pasivos ambientales como son la minería Cecilia, La Poderosa, Liliana Maurilla, entre otras.

B. b. Actividad minera informal

Las actividades mineras informales se originan en los nevados en Ananea, que cuenta con aproximadamente 18.000 personas involucradas de manera directa o indirecta en esta actividad, las explotaciones mineras se presentan de manera subterránea y de tajo abierto.

La extracción de tipo artesanal puede ser con pico hasta algunos equipos de perforación mecanizado. Las explotaciones son de forma incontrolada, no cuenta con ningún tipo de planeamiento de minado, presentando así problemas de sostenibilidad.

C. c. Minería y su relación con la calidad del agua

Las perturbaciones que se muestran en el ambiente ocasionadas por la explotación minera con equipos mecanizados o semi-mecanizados, o métodos artesanales generarán un grado de impacto en el ambiente, como las erosiones en el suelo, deforestación, agregado de metales; ocasionando alteraciones morfológicas en ríos, formados por la remoción de suelos y la eliminación gradual de la vida acuática.(Patilla Pineda, 2014)

d. Proceso de amalgación

Según Patilla Pineda (2014) indica que el proceso de amalgación es una técnica artesanal para la recuperación de oro como se muestra en la figura 1 que es una práctica que consiste en recuperar el mineral ya sea por dragada del río o por desmonte, en este proceso el material es triturado y molido, donde ingresa a la máquina trapiche, que se le adiciona mercurio, para posteriormente realizar el quemado a cielo abierto y extraer el oro.

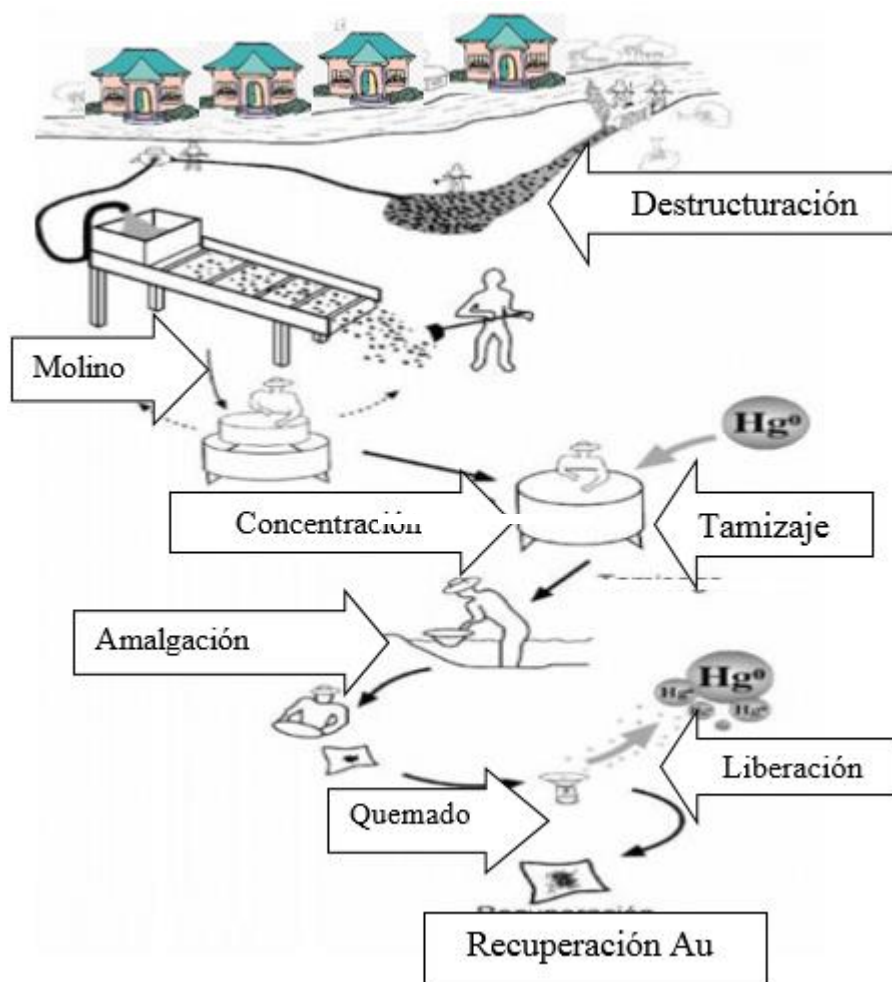


Figura 1. Principales etapas de recuperación de oro por amalgamación.

Fuente recopilada de: Quiroga & Lacerda (1997).

2.2.2. Metales pesados

Según Checalla Carbajal (2017) menciona que desde el inicio de la era industrial los metales han ido acumulándose lentamente en el ambiente, hasta generar la acumulación progresiva en suelos, sedimentos y aguas superficiales de las cuales el 75% constituyen los elementos conocidos por ser buenos conductores del calor y la electricidad, poseen alta densidad y son sólidos en temperaturas normales (excepto el mercurio).

Los elementos químicos que presentan ciertas propiedades comunes como la conductividad eléctrica y térmica altas, maleabilidad, conductividad y brillo, cuya densidad es mayor a 5 g/ml, por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Algunos metales pesados (arsénico, cadmio, cobalto, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, estaño y zinc) se encuentran en forma aislada o combinados formando minerales; pueden presentarse en su mayoría dentro de extractos profundos de los ríos y en menor proporción en la superficie y en los mantos acuíferos se puede encontrar cantidades mínimas.

Los metales pesados altamente tóxicos presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos, puede reconocerse entre ellos a cadmio, mercurio, plomo, cobre, níquel, antimonio, bismuto”.

Hernández Hernández (2011) considera que los metales pesados presenta características con una densidad igual o superior a 5 gr/m³, cuyo número atómico supera a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos).

“Los metales pesados son constituyentes naturales de la corteza terrestre, sin embargo, las actividades del hombre ha ido modificando el equilibrio de los ciclos bioquímicos y geoquímicos de algunos metales pesados”, además estos elementos no se degradan ni se destruyen, siendo persistentes en el medio ambiente, acumulándose en suelos y sedimentos (López et al., 2006).

El presente estudio permitirá conocer las rutas de contaminación y concentración en cada punto, detallando los puntos críticos para el ambiente acuático, además la característica de los metales es que aumentan su toxicidad a medida que son ingeridos por otros seres.

2.2.3. Sedimentos

Según Molina & Minas (1999) considera que los sedimentos superficiales a la capa del sedimento se ubica en los centímetros más superficiales del material depositado en el lecho, la cual nos ilustra las cargas sólidas más recientemente recibidas por el cuerpo de agua.

La aglomeración de contaminantes en un área se evalúa a través de análisis en sedimentos la cual forma parte de la matriz que determina la calidad de agua; debido a que la cantidad de metales tóxicos que serán reflejados también se detalla la significancia de las concentraciones en sedimentos.

Para López et al. (2006) la captación de metales en sedimentos y su posible liberación en el ambiente acuático dependerá de las condiciones como “a) Las propiedades de los metales entre las que se pueden citar la solubilidad, la reactividad frente a la formación de complejos y la capacidad de adsorción; b) Características de las soluciones por ejemplo el pH, y concentración de ligandos en solución; c) Características de las superficies bióticas y abióticas presentes, como porosidad y capacidad de asimilación”.

La capacidad de traslación de los contaminantes de suelos al agua y continuar en el fondo en sedimentos depende de la propiedad y composición química de agrupación de metales en sedimentos que son fuentes no puntuales de origen natural o antropogénico (Senior Galindo, n.d.).

Kwok et al. (2014) consideran que los sedimentos establecen una fuente de información sobre la evaluación de la toxicidad o la calidad del mismo, también estudios existentes demuestran que la contaminación se muestra en sedimentos en sistemas de agua dulce; así como el presente estudio de análisis de sedimentos de la subcuenca Crucero es que se muestra afectada

por las diferentes actividades desarrolladas en el distrito Quiaca, Crucero, distrito de Ananea y La Rinconada. Los contaminantes son vertidos en arroyos y ríos, como solutos y en suspensión, así posteriormente contaminando los sedimentos del río de aguas abajo de la zona de producción minera.

A. Necesidad de análisis de metales en sedimentos

Los análisis en sedimentos y cuerpos de agua dulce determinarán el grado de afectación por parte de contaminantes, el resultado evidenciará datos acerca de las zonas críticas del sistema acuático, además se conocerá la concentración y/o fragmentación, biodisponibilidad, distribución local o parcial de los contaminantes en análisis.

Los sedimentos superficiales son fragmentos orgánicos y minerales sólidos suspendidos que subsidian al cauce de los cuerpos de agua, este además compone un peligro para el nicho acuático, la población aledaña y un factor de deterioro del medio.

Investigadores concuerdan que la concentración metálica de la corriente fluvial se encuentra en las partículas en suspensión del agua y en los sedimentos, si se incrementa la producción metálica en los cuerpos de agua, es elemental saber las concentraciones en sedimentos; es así que la presente realizó los análisis de presencia de metales tóxicos en la subcuenca Crucero, cuenca Azángaro.

B. Procesos que alteran la calidad de la subcuenca

Las alteraciones se dan debido a los procesos y actividades y el uso de químicos que causa efectos en la calidad del agua recayendo en sedimentos, la importante sobreutilización se muestran en productos agroquímicos en áreas pequeñas, contribuyendo al deterioro de suelos y la contaminación de fuentes de agua.

Al no existir manejo ni conocimiento en las disposiciones de desechos de sólidos provenientes de las actividades agrícolas, domésticas y formándose parte del transcurso del cauce de río; por otra parte la compactación influye en gran a la capacidad de infiltración y alteración de escurrimiento superficial consecuentemente formando caudales nacientes considerables perjudiciales para los habitantes que se abastecen (Loayza Quispe & Cano Rojas, 2015).

C. Metales en el ambiente acuático

Metales que ingresan al cuerpo de agua pueden ser de origen natural o antropogénico, como son las erosiones, lixiviación química de suelos y roca constituyen la aportación más importante por procesos naturales. Según Jimenez Verdesoto (2012) hace mención que la forma de ingreso de metales en el medio acuático se presenta por vías atmosféricas que produce la sedimentación emitidas a la atmósfera por proceso natural o antropogénico, producto de filtraciones, vertidos o escorrentía dados en causas fluviales. Sin embargo el más importante que distingue a los metales de otros contaminantes tóxicos es el hecho de no ser biodegradables y perdurar en el ambiente por cientos de años.

2.2.4. Metales Tóxicos

A. Cadmio

Ciclo del cadmio en el agua

Jimenez Verdesoto (2012) indica que la solubilidad del cadmio en el agua aumenta en medios ácidos, mientras que la adsorción a suelos y sedimentos se incrementa el pH y el efecto en organismos terrestres y acuático se bioacumulan.

Para Barán (1995) señala que al cadmio se le puede atribuir efectos tóxicos para toda forma de vida (microorganismos, plantas, animales y el hombre) debido a la tendencia de desplazamiento de zinc de algunos de sus sitios activos y competir con el calcio en ciertos sistemas biológicos”.

Toxicidad del cadmio

La exposición más existente es cuando la persona fuma, el humo del tabaco transporta cadmio a los pulmones, otra forma de exposición es cuando existe gente que habita cerca de los vertederos de residuos peligrosos o fábricas que liberan cadmio en el aire, transportándose al hígado por medio de la sangre, allí unido a proteínas se transporta hacia los riñones, el riñón es el órgano diana para el cadmio y el efecto crítico es la proteinuria, generando concentraciones críticas de cadmio en la corteza renal.

Respecto a la salud

En el ser humano la presencia de cadmio en exceso se manifiesta principalmente en los huesos y riñones, y las personas que tienen bajas reservas de hierro particularmente son más vulnerables a los efectos adversos por la acumulación de cadmio.(García & Cruz, 2012)

B. Mercurio

Mercurio es tóxico o venenoso a muy bajas concentraciones, y no puede ser degradada o destruido, este metal no se presenta de forma natural en los organismos vivos, ni tiene función fisiológica en ellos, a diferencia de otros metales.

El Perú es el mayor importador de mercurio de Sudamérica, el que es usados en la minería artesanal, también se realiza la exportación en productos manufacturados como son las pilas, baterías y componentes electrónicos.

En Perú las minerías artesanales, pequeñas minerías y el uso de mercurio se da durante el proceso de amalgación, con el fin de recuperar el oro, el mercurio es quemado al fuego y los vapores a la atmósfera, su existe una alta humedad relativa se oxida en pocos días y es devuelto de nuevo al suelo con la lluvia en forma de Hg^{2+} (Álvares, Sotero, Brack E., & Ipenza Peralta, 2011).

El Hg rara vez se encuentra en su forma pura como metal líquido; es más común en compuestos y sales inorgánicas, además se encuentra actualmente en diversos medios y alimentos (especialmente el pescado) en todas partes del mundo a niveles que afectan adversamente a los seres humanos y la vida silvestre (Apaza Porto, 2016).

Comportamiento del mercurio - Ciclo del mercurio en la biósfera

En la Figura 2 se muestra el mercurio en la atmósfera actualmente tiene procedencia como la combustión del carbón, explotaciones mineras, industrias metalúrgicas, incineración de residuos y plantas de cloro a su vez puede recorrer grandes distancias, transformándose durante el trayecto de foto-oxidación en compuestos solubles que precipitan pasando a la biósfera.

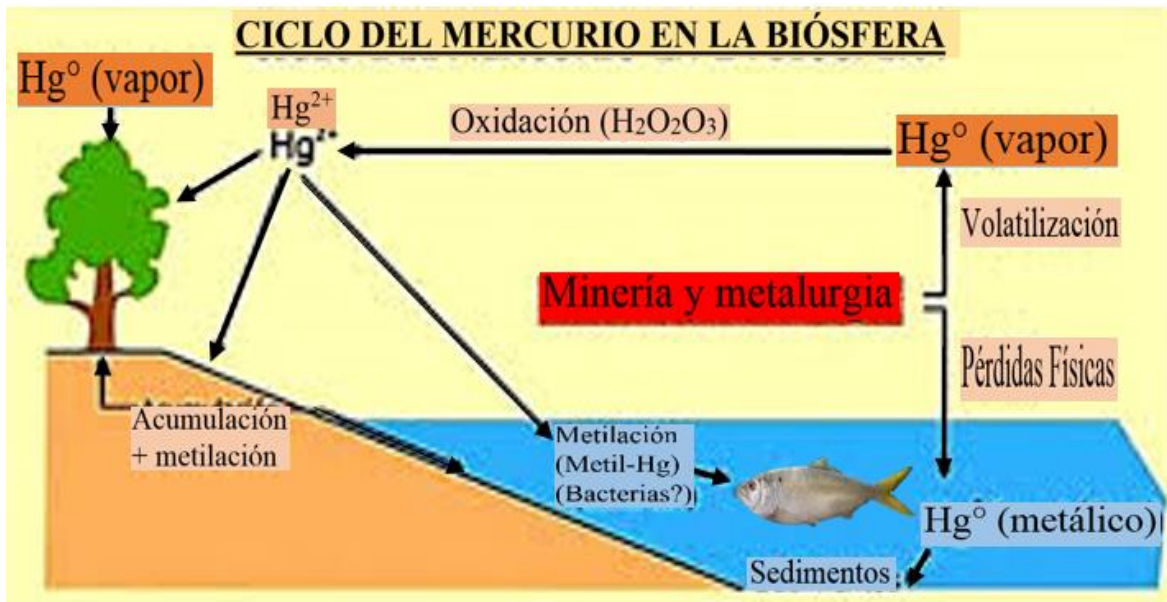


Figura 2. Ciclo del mercurio en la biósfera.

Fuente: Lominchar, Sierra, Rodríguez, & Millán (2010).

Ciclo biológico del mercurio

En la Figura 3 se muestra el ciclo y procesos múltiples complejos de intercambios que se da entre las hidrósfera, atmósfera, biósfera, litósfera y estados físicos y diferentes especies químicas que controlan su origen y destino (Patilla Pineda, 2014).

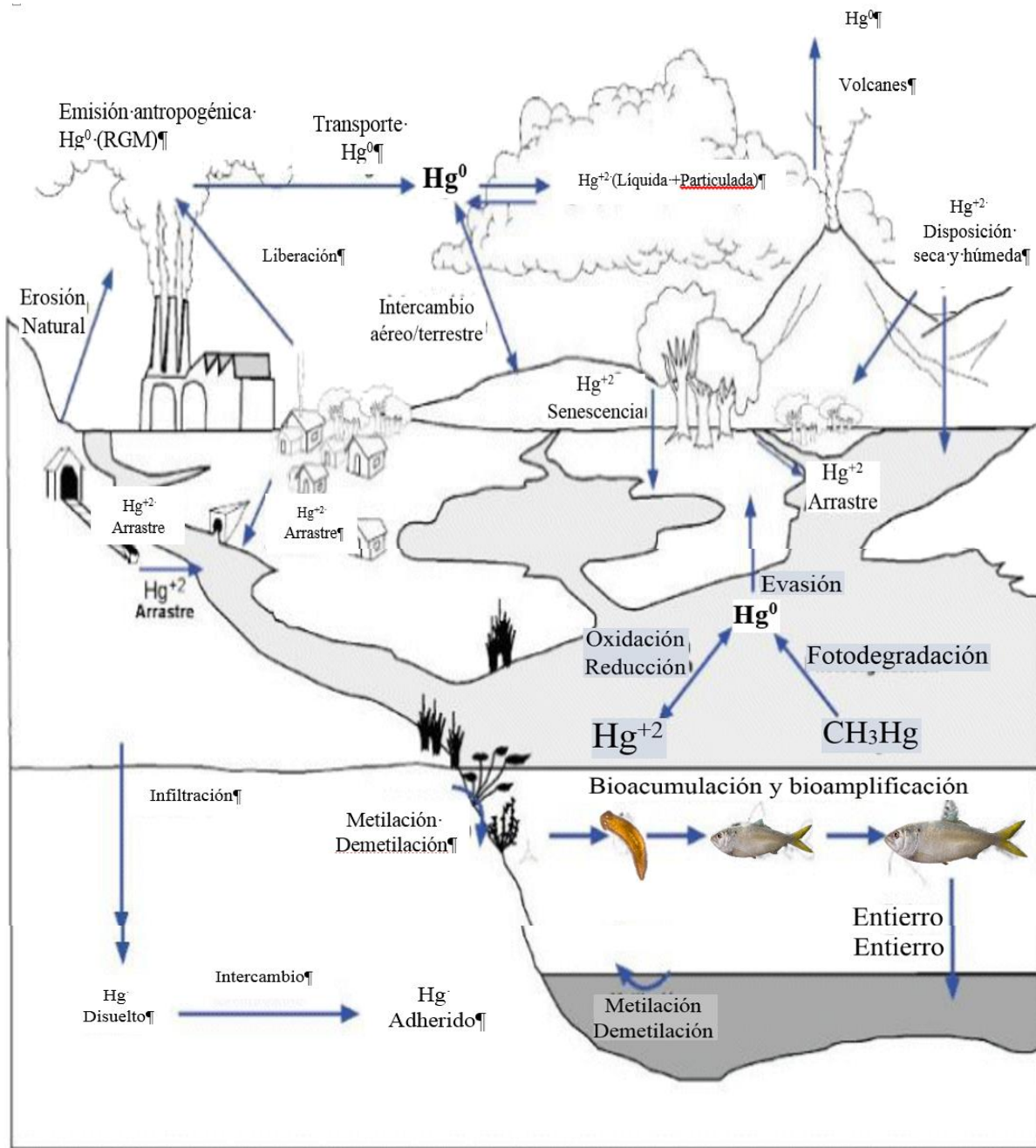


Figura 3. Ciclo biogeoquímico del mercurio.
Fuente modificado de: Harris et al. (2007).

Según Roulet, Lucotte, Guimarães, & Rheault (2000) declara que la acumulación y el nivel de mercurio se caracterizan debido al agua filtrada, materia orgánica suspendida, zooplacton, fitoplacton y epifitón durante la estación seca y la estación húmeda.

Los ecosistemas lénticos y lóticos, el mercurio en agua filtrada esta cerca o por debajo del límite de detección (<0.02–0.03 ng/l), estas concentraciones representan <5% del total de Hg, el contenido en agua filtrada en bosques y capas flotantes de macrófitos son los únicos sitios donde MeHg se detecta de manera significativa, representando el 3–22% del Hg tot. en agua filtrada”.

“Las concentraciones de mercurio en materia órgano-mineral en suspensión (2–26 ng / g de peso seco que representa 0.6-7.3% de Hg tot.) se correlacionaron con el contenido de N pero no con el contenido de C. Los datos sugieren que el enriquecimiento de Hg de materia suspendida está fuertemente influenciado por la presencia de restos planctónicos” (Roulet et al., 2000).

Toxicidad del mercurio

El mercurio puede ser tóxico cuando se produce por la alta afinidad de grupo SH que tiene que reemplazar al hidrógeno; reaccionando con grupos carboxilo, amida y fosforilo, provocando graves alteraciones en proteínas con actividad enzimática, funciones de transporte y estructurales. Los efectos que provoca son principalmente a nivel de sistema nervioso, ocasionando la disminución de la habilidad para aprender, pérdida de memoria, temblores, sordera, cambios en la visión entre otros efectos (Lominchar et al., 2010, p. 18).

C. Plomo

Según Patilla Pineda (2014) menciona que el plomo se muestra de color grisáceo cuanto se empaña, pero principalmente es un metal de color azulado que se muestra resistente a la presencia de los ácidos y a la corrosión atmosférica (Patilla Pineda, 2014).

Según Intendentia, Olivera et al. (2011) indican que el plomo “se muestra en la corteza terrestre con aproximadamente de unos 15 $\mu\text{g/g}$, encontrándose en forma de sulfuro de plomo PbS (galena), carbonato de plomo PbCO_3 (cerusita) y sulfato de plomo PbSO_4 (anglesita)”.

Plomo es un metal muy poco móvil con capacidad de adsorberse en zonas no saturadas de los ríos y material arcilloso y en la materia orgánica. Con el aumento del pH puede precipitar como Pb(OH)_2 .

El principal factor limitante de la presencia de plomo en las aguas, es la formación de hidróxido y carbonato insoluble. En el intervalo de pH entre 5 y 7, el Pb tiende a adsorberse sobre las partículas arcillosas. El Pb puede presentarse bajo diferentes formas químicas: Pb (0) metal, Pb(I), Pb(II) y Pb(IV). Todas estas especies, con la probable excepción del Pb (I), tienen importancias en el ambiente (Navarro, A., D. Collado y X. Font, 1998). Existe mayor concentración de plomo en los sistemas acuáticos proviene de la actividad minera.

La presencia de plomo en agua superficial o sedimento se dispone en polvo, generadas por industrias manufacturas de acero y hierro, que comúnmente se encuentran en el suelo, área mineas.

En el hombre el plomo amplía la variedad de efectos biológicos dados por el nivel y el tiempo de exposición a través del sistema respiratorio o ingerido por el tracto intestinal en cuanto a plomo orgánico, además los cambios se producen de acuerdo a las dosis muy diferentes (Hanco, 2013).

Biogeoquímica del plomo

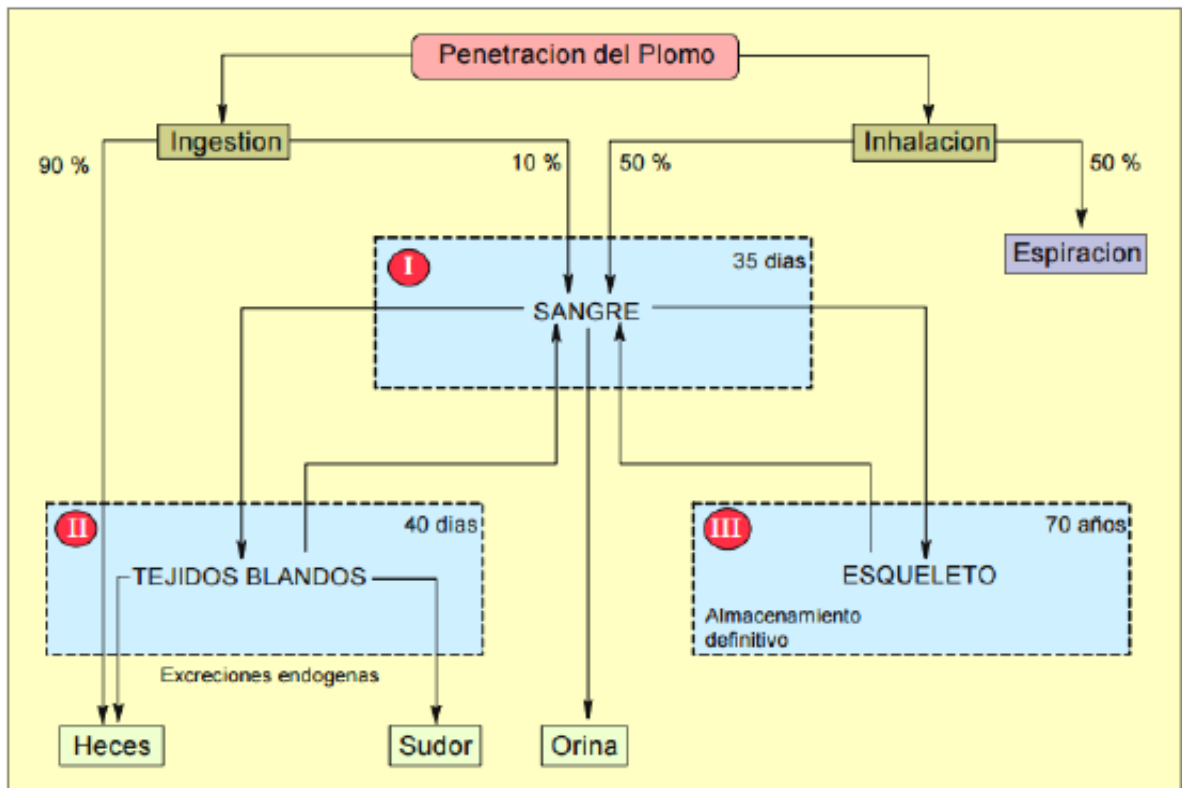
Es un metal utilizado en la metalurgia, tuberías, fabricaciones de baterías, etc., el metal se puede presentar en el polvo atmosférico, suelo o en cañerías de plomo, de este modo es que la

intoxicación se puede dar por el ambiente, profesional o accidentalmente. Los niños son más vulnerables a la intoxicación con plomo, puede existir exposición desde el útero, si la madre tiene plomo en su cuerpo puede pasar plomo durante la lactancia o mediante sus alimentos.

La circulación de plomo ingresa a través del epitelio pulmonar y circula hasta el plasma del fosfato que se deposita en el hígado, pulmones, encéfalo huesos y riñones, pero se elimina por la orina y en cantidades menores por materia fecal, ocurre que cuando atraviesa la placenta puede este provocar abortos o anomalías fetales (Tello Atiencia, 2015).

Toxicidad del plomo

El ingreso de plomo al organismo mayormente se da por ingestión o inhalación como resultado de procesos industriales, en la Figura 4 se muestra la distribución de plomo, cuando es absorbido se realiza por tres compartimentos como son la sangre, tejidos blandos y huesos, este último es el depósito principal que el 90% aproximadamente del total se incorpora a la matriz ósea de manera muy similar al calcio, y presenta una vida media entre 10 y 30 años (Valdivia,2005 - Tello Atiencia, 2015).



F.

Figura 4. Distribución del plomo en el organismo.

Fuente: Gisbert (2001).

D. Arsénico

El arsénico pertenece al grupo de semimetales, en la tabla periódica queda sobre la línea de clasificación general que divide los elementos en metales y no metales, presentando un comportamiento químico debido a las propiedades físicas semejantes a las de un metal que a un no metal. La presencia de arsénico en aguas superficiales y subterráneas se encuentra en forma de arsenato (As^{+5}) y arsenito (As^{+3}) respectivamente.

La toxicidad del arsénico se muestra en forma natural por lo se considera de preocupación mundial, encontrándose en la atmósfera, suelo, aguas naturales y en los organismos vivos. La

movilización en el medio ambiente se da por medio de niveles tróficos combinados con la reacción química que sirven para producir actividad biológica.

El arsénico principalmente se da por emisiones volcánicas, desarrollo de actividades específicas como la minería, combustiones fósiles, uso de pesticidas, herbicidas y el curado de madera.

Movilidad y solubilidad de arsénico en el suelo

La contaminación se ve influenciada por la solubilidad del contaminante, además la movilidad se da a conocer fundamentalmente en los sedimentos existentes que tienen una relación de existencia con otros contaminantes, este equilibrio se presenta por actividades iónicas.

Una concentración clásica en arsénico de solución del suelo, “bajo condiciones aeróbicas es <50 nm en suelos no contaminados, mientras que pueden alcanzar valores de hasta 2 mm en suelos contaminados, el arsénico muestra una baja solubilidad en suelos bien aireados” Pérez Minguez (2015, p. 11) además indica que si existe pH bajo (ácido) son favorables para la retención de arsénico.

Ciclo del arsénico en el sedimento o suelo

La contaminación en sistemas acuáticos se presentar por nitratos que ejercen una fuerte influencia en el ciclo del arsénico, debido a la oxidación de Fe (II), “los niveles naturales de arsénico suelen estar por debajo de 10 mg kg⁻¹. Sin embargo, la actividad antropogénica, como vertidos industriales y combustión de carburantes, fertilizantes, pesticidas, escombreras y balsas mineras, así como las características geológicas y climáticas de la zona, pueden aumentar los niveles de arsénico en suelos hasta 2,5·10⁵ mg kg⁻¹” (García Salgado, 2013, p. 33).

Toxicidad del arsénico

Se considera tóxico cuando la presencia de arsénico se presenta en un estado de oxidación y del radical al que esté unido, además dependerá al aumento del grado de metilación.

La abundancia geoquímica del arsénico en la corteza también puede causar contaminación en los suelos. Según Mayorga Moreno (n.d.) indica que los suelos no contaminado se considera cuando se encuentra por debajo de 20 mg/kg en concentraciones de arsénico.

E. Potencial de hidrógeno

El pH es un factor muy importante, porque determina procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH, este se mide entre 0 a 14 en solución acuosa, siendo ácidas las silicosis con pH menores de 7 y básicas las mayores de 7. el pH igual a 7 indica la neutralidad de una sustancia (Patilla Pineda, 2014).

María Valentina Fuentes, de Astudillo, Diaz, & Martínez (2010) señala que los metales tienen la capacidad de adsorberse y liberarse en suelo y sedimento, este dependerá del pH, además de indicar la distribución geoquímica condicionada por las propiedades del metal, la competencia por los sitios de adsorción del sedimento formando complejos y magnitud de la contaminación.

Isern Roselló (2005) declara que cuando el pH se muestra ácido el metal es más capaz de pasar al sedimento al agua, es así que para cualquier metal la máxima extracción se muestra a pH entre 0 y 2, mientras que si se supera pH 5 la extracción es casi nula, llegando a resultar tóxica para algunos metales (cobre, cadmio o plomo).

Apaza Porto (2016) indica que las fuentes de agua dulce tienen un pH inferior a 5 o mayor a 9.5 volviendo incapaz de contar con vida vegetal y especies animales, por tal razón es muy

importante determinar estos parámetros de calidad; también menciona que el desarrollo de los ecosistemas en el globo terráqueo prospera muy bien en un pH próximo a 7.

El pH alto, como uno bajo pueden ser perjudiciales, ocasionando la muerte de los peces y la esterilidad general en corrientes naturales e inactivando los microorganismos esenciales en los procesos.

El potencial de hidrógeno determina si una solución es ácida o básica, un pH óptimo de las aguas según Ecofluidos ingenieros (2012) indica que debe de encontrarse entre 6.5 y 8.5, es decir entre neutra y ligeramente alcalina y según Ibarra Castillo, Ruiz Corral, Gonzales Eguiarte, Flores Garnica, & Díaz Padilla (2009) menciona que las características químicas del suelo se clasifican como se detalla en la siguiente *Tabla 2*.

Tabla 2
Valores de pH

Valores de pH y condiciones de acidez del suelo	
Clasificación	Ph
Extremadamente ácido	< 4.2
Fuertemente ácido	4.2-5.5
moderadamente ácido	5.6-6.5
Neutro	6.6-7.3
Moderadamente alcalino	7.4-8.3
Fuertemente alcalino	>8.3

Fuente: Ibarra Castillo, Ruiz Corral, Gonzales Eguiarte, Flores Garnica, & Díaz Padilla (2009).

2.2.5. Componentes ambientales de la zona

A. Subcuenca Crucero

La subcuenca cuenta con un área de 4,396.292 km² con un perímetro de 452 km., la parte más elevada con una cota de 5,750 msnm ubicada en la nevada de Ananea chico y la parte más baja con una cota de 3,875 msnm., que confluye con el río Nuñoa, ubicada entre las coordenadas este de 339513 a 454336 y norte de 8366395 a 8445589.

El río principal toma diferentes nombres en su recorrido desde sus orígenes así que en la parte alta se denomina río Grande, en la parte media río Crucero y en su parte baja río san Antón”. (Pagador Moya et al., 2008).

Además cabe detallar que los ríos principales de la Subcuenca son: río Crucero, “Antauta, Ajoyani, San Juan, Cecilia, Billón, Inamabari y las lagunas de importancia son: Pacharia, Saracocha, Aricoma, Rinconada, Suytucocha, Casa Blanca, Sillacunco (represada), y Ticllacocha. Como nevadas principales tenemos al nevada Ananea Chico, Callejón y Ananea Grande.”

B. Hidrografía

Según Pagador Moya et al. (2008) menciona que la cuenca del río Ramis presenta dos ejes principales de drenaje las cuales son el río Ayaviri y Azángaro que se unen para formar el río Ramis propiamente nace de los ríos Ayaviri .Pucará en el tramo final y Azángaro discurren por su zona topográfica plana, las que por su altitud reciben el nombre de Altiplano.

El río Azángaro al ser formadora del río Ramis por su margen nace de la unión de los ríos Nuñoa o Grande y del Carabaya, el río Grande tiene sus nacientes cercanas a las nevadas de

Quellopujo, characharani y Quellococha, en la cota aproximada de 4750 msnm. y una longitud de 78 km., con pendiente media alrededor de 0.012.

El rio Crucero es el principal afluente y formador del río Azángaro con una cota de 4800 msnm, originada cerca de la localidad de Poto al pie de los nevados de Ananea. Su Longitud es de 122 Km., con una pendiente de 0.0075 que confluncia con el rio Nuñoa.

C. Disponibilidad hídrica en zona minera

En la cabecera de cuenca la subcuenca Crucero abarcando desde el distrito de Ananea, se localiza un área de exploración minera y debido al carácter informal de trabajos que se realiza en la zona está afectando el equilibrio del recurso hídrico existente.

El requerimiento de agua con fines mineros en el sector de Ananea donde existe minería informal de carácter intensivo. La ubicación de estas áreas cerca a los glaciares existentes, ha ocasionado la utilización del agua producto de deshielo forzado. Según Pagador Moya et (2008) debido a la informalidad de la actividad minera no se tiene información del caudal de agua utilizado en forma ilegal.

D. Balance hídrico en la subcuenca Crucero

En la subcuenca se ubican importantes fuentes hídricas que según Pagador Moya et al. (2008) son los nevados perpetuos y lagunas; además existen significativas áreas de demanda hídrica. En el balance hídrico de la subcuenca se aprecia un déficit durante los meses de agosto, octubre y noviembre.

La demanda consecutiva de la subcuenca, es básicamente por demanda agrícola. Existen áreas mineras informales (La Rinconada, Pampa blanca, pampas de Ananea) ubicadas en

cabecera de la subcuenca, las cuales representan focos de contaminación hídrica, que posteriormente pasan a los sedimentos.

Tabla 3
Balance hídrico a nivel de subcuenca (MMC) subcuenca Crucero

Volumen	Unidad	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Total
Oferta	MMC	8.18	9.72	16.6	25.55	45.67	87.72	99.71	89.53	51.04	23.59	12.55	9.28	479.1
Total														
Demanda	MMC	5.58	9.51	29.11	31.51	23.72	7.49	8.04	9.05	20.75	8.27	5.06	0.61	158.7
Total														
Superavit	MMC	2.6	0.21	0	0	21.95	80.23	91.66	80.48	30.29	15.32	7.49	8.67	338.89
	%	31.75	2.16	0	0	48.06	91.46	91.93	89.89	59.35	64.94	59.68	93.44	70.73
Déficit	MMC	0	0	12.51	5.96	0	0	0	0	0	0	0	0	18.47
	%	0	0	42.98	18.91	0	0	0	0	0	0	0	0	11.64

Fuente: Pagador (2008) -Actualización del balance hídrico de la cuenca del río Ramis.

Balance Hídrico

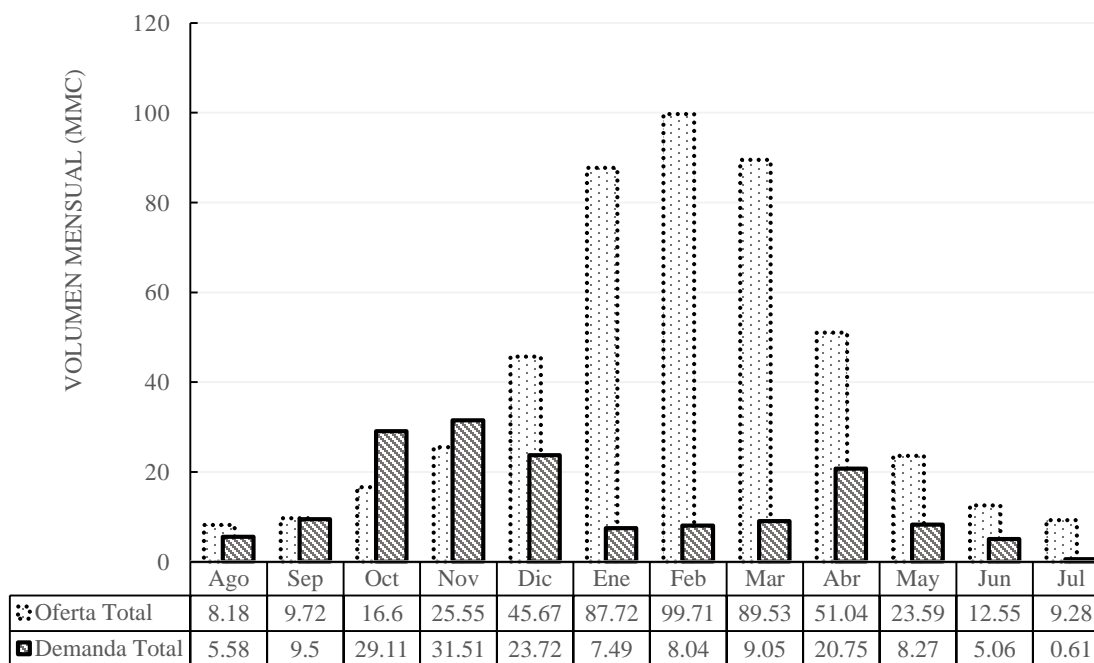


Figura 5. Balance hídrico a nivel de subcuenca (MMC) subcuenca Crucero.

2.2.6. Descripción del medio biológico

G. - Flora

La vegetación de toda la cuenca Ramis varía según la altitud, condición, clima y topografía; la flora se presenta con especies de mayor nómima en vegetación es herbácea con especies conspicuas denominadas pastizales. Además en la Tabla 4 se muestra una lista de plantas con la que la cuenca cuenta, como son forrajeras entre ellas las gramíneas, leguminosas, ciperáceas, juncáceas entre otros:

Tabla 4
 Flora – cuenca Ramis

		Nombre científico
Tipo	Nombre común	
Arborea	Queñua	<i>Polylepis Bessire</i>
	Colle	<i>Buddjelia Incana</i>
	Tara	<i>Caessalpinia spinosa</i>
	Molle	<i>Shinus molle</i>
	Sauco	<i>Sambucus Peruviana</i>
	Aliso	<i>Alnus Acuminata</i>
Arbustiva	T´ula	<i>Baccharis Trcuneata</i>
	Mutuy	<i>Senna multiglandulosa</i>

Fuente: Lobato Flores (2013).

H. - Fauna

La fauna de la cuenca una lista se detalla en la Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7.y se cuenta “con más de 60 especies, como el zambullidor del Titicaca (*Centropelmamicropterum*), el Yanavico (*Plegadisridgwayi*), el cormorán (*Phalacrocoraxolivaceus*) y el totorero (*Phleocryptesmelanops*).

Como representantes de las familias residentes existen patos (*Anatidae*) y chocas (*Rallidae*), mientras que de las familias migratorias se encuentran chorlos (*Charadriidae*), playeros (*Scolopacidae*) y flamencos (*Phoenicopte-ridae*). Existen cuatro diferentes familias de peces y sólo del género *Orestias* se han identificado 40 especies. Podemos mencionar a las especies nativas como carachis (*Orestiaspp*) y suche (*Trychomicterusrivulatum*)”(Lobato Flores, 2013).

Tabla 5
Fauna de la cuenca Ramis

Género	Especie	Nombre común
Aves terrestres		
<i>Pterocnemia</i>	Pennata	Suri
<i>Vultur</i>	Gryphus	Condor
<i>Falco</i>	Femoralis	Halcón Real
<i>Buteo</i>	Poecilochrous	Aguiluco Cola Rayada
<i>Bubo</i>	Virginianus	Lechuzón Orejudo
<i>Speotyto</i>	Cunicularia	Lechuza Pequeña
<i>Petrochelidon</i>	Andecola	Golondrina Andina

Fuente: Lobato Flores (2013).

Tabla 6
Fauna Piscícola de Altiplano

Nombre común	Nombre científico
Especies Introducidas	
Pejerrey	<i>Basilichtys bonariensis</i>
Trucha arco iris	<i>Salmón gairdneri</i>
Trucha marrón	<i>Salmón trutta</i>
Trucha salmón	<i>Salvelinus narnaycush</i>
Trucha arroyo	<i>Salvenius fontinalis</i>

Fuente: Lobato Flores (2013).

Tabla 7
Camélidos sudamericanos

Nombre común	Nombre científico
Llama	<i>Lama Gama</i>
Alpaca	<i>Lama pacos</i>
Guanaco	<i>Lama Granicoe</i>
Vicuña	<i>Vicugna Vicugana</i>

Fuente: Lobato Flores (2013).

2.3. Marco normativo legal

Las normas, nos permiten la viabilizarían de instrumentos de gestión ambiental, que son medios operativos normados y aplicados según su carácter funcional o complementario, para efectivizar el cumplimiento de la política ambiental.

➤ Normas nacionales

Como base se tiene la Constitución Política del Perú del año de 1993, que según el Art.2º, inc. 22º, “indica que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. La constitución además clasifica los recursos naturales como renovables y no renovables y los considera Patrimonio de la Nación” como se muestra en el artículo 66.

- Ley N° 28611: Ley General del Ambiente.
- Resolución Jefatural N° 101-2016-ANA: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los recursos Hídricos Superficiales.

➤ Normas internacionales

- OMS: Organismo de la Organización de la Naciones Unidas (ONU), especializado a gestionar políticas de prevención y |intervención en salud a nivel mundial. Inicialmente fue organizada por el consejo económico y social de las naciones unidas, que impulsó la redacción de los primeros estatutos de la OMS en Ginebra 1948. (Checalla Carbajal, 2017)
- Norma Ontario Canadiense “(Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Lif) muestra las directrices de calidad de sedimentos canadienses para la protección de la vida acuática, Canadian Environmental Quality

Guidelines, según el Consejo Canadiense de ministros del medio ambiente de 1999, actualizado en 2001”.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de estudio

La cuenca Azángaro forma como parte de la cuenca Ramis la cual forma parte de la cuenca endorreica conocida como Sistema Titicaca – Desaguadero – Poopó y Salar de Copasa, y para la zona de estudio se seleccionó el río principal subcuenca Crucero que pertenece a la cuenca Azángaro véase anexo Figura 12. (Ocola Salazar & Laqui Vilca, 2017)

De los ríos que desembocan en el lago Titicaca, el río Ramis es el más importante que abarca el 26% de su cuenca, extendiéndose desde los 5750 m. en la nevada Ananea, hasta los 3845 m de altitud, comprendiendo varias subcuencas con ríos principales. En general, la cuenca presenta una crecida anual por precipitación en invierno (diciembre a abril) manteniendo un caudal regular entre el verano y primavera por los deshielos de la zona de cordillera y de las infiltraciones.

La cuenca del río Ramis se origina al pie de los nevados Ananea y Ccorhuani, cuyos deshielos originan la laguna Rinconada, la cual desagua en el curso principal del río Inambari, hasta el sector de Chaupiminas, donde se une a otro curso de agua que nace de filtraciones y lagunas al pie de los cerros Huicho y Suchuta dando origen al Río Grande.

El río discurre con dirección suroeste a noroeste cerca de Crucero, recibiendo aportes de otros ríos (río Aricoma que discurre del margen derecho) y recibe el nombre río Crucero. Los

límites hidrográficos de la cuenca Azángaro son por el norte con la cuenca Inambari, por el sur con la intercuenca alto Apurímac y por el este con la cuenca Huancané.

El área de estudio es la subcuenca Crucero, río principal de la cuenca Azángaro (véase Figura 13), la cual realiza un recorrido (Ocola Salazar & Laqui Vilca F.,2017) con una superficie de 43396,9 km²aproximadamente, iniciando desde el distrito Ananea pasando por distrito Cuyocuyo, distrito Putina, distrito Potoni, distrito Progreso, distrito Nuñoa, distrito Crucero, distrito Antauta, distrito Orurillo, el distrito Azángaro y Achaya.

“La cota más elevada es de 5750 msnm y se ubica en la nevada Ananea Chico, y su parte más baja se encuentra en la cota 3845 msnm, donde confluye con el río Nuña” (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo no experimental debido a que no genera ninguna situación, sino que se observan hechos provocados y no es posible la manipulación o control sobre las variables ya que sucedieron al igual que sus efectos. (Hernández Sampiere, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006, p. 149). Responde a un diseño de investigación descriptivo en el que se evalúa correlaciones para lograr un estudio explicativo, también es transversal porque se realiza la cuantificación de concentraciones, para este caso se evaluará a los metales tóxicos y en un solo tiempo.

3.3. Materiales y equipos

- Cooler
- Guantes quirúrgicos de látex estéril
- Bata
- Chaleco
- Mascarilla quirúrgica
- Balde
- Bolsas ziploc
- Tablero de campo
- Cucharón de plásticos de extracción con un borde de 3 a 5 cm.
- Envases esterilizados para muestra
- GPS (Global Positioning System)

3.4. Procedimientos de la investigación

Para el desarrollo de la investigación se elaboró un flujograma detallando los procesos que se siguió para realizar el estudio de identificación de puntos críticos (véase) de la cuenca Azángaro, en su río principal la subcuenca Crucero.

3.4.1. Análisis estadístico

La presente investigación aplicó la prueba t-Student, diseñada para examinar diferencia entre grupos independientes que cuenten con una distribución normal y homogénea entre las varianzas y conocer los valores de significancia de la prueba.

Finalmente, Sánchez Turcios (2015) indica que la t-Student es igual al cociente de la diferencia de medias entre el ESM anterior; de acuerdo con nuestra hipótesis nula y alterna se

debe demostrar que existe diferencia entre las medias de las muestras y se calcula el valor de $P=0.05$, ya que se trabaja con 95% de confiabilidad, mostrando el grado de libertad (gl) y Significancia (Sig.Bilateral); que se comprueba con gráficos de control, proceso e intervalos de confianza, que si el valor observado es igual o diferente de las especificaciones técnicas por variable (Hernández Sampiere et al., 2006).

Indicando que:

Valor $P \leq$ rechazamos la H_0

Valor $P >$ Aceptamos la H_0

3.4.2. Parámetros de estudio

A. Potencial de hidrógeno

Debe realizarse una lectura al pH ya que es un parámetro en función al estado actual, la metodología (Tello, Rodriguez et al. n.d.) debe de realizarse el análisis en sedimentos, primero extraer 10g de muestra y agregar 25 ml de agua destilada y se dejará reposar por 30 minutos y se medirá en el agua sobrenadante con un pH-metro.

Según Romero Guadarrama (2011) los ríos y arroyos son el principal medio de transporte de sedimentos y de la materia particulada en suspensión, la cual puede transportar elementos en altas concentraciones. La movilidad es el resultado de una combinación compleja de varios factores, tales como la solubilidad del agua, la entrada al sistema de fuentes externas como la atmosférica y/o de fuentes antropogénicas, la capacidad de elementos y formar un material coloidal ($<0.2 \mu\text{m}$) y la afinidad de los elementos para combinarse con los sólidos por medio de la adsorción, con – precipitación, solubilidad de equilibrio.

B. Cadmio

La dispersión ambiental (Castro Guerrero, 2017) del cadmio es muy elevada dentro de los metales y que tienen una relativa solubilidad de sus sales e hidróxidos, convirtiéndolo un contaminante cosmopolita, por lo que se debe realizar la determinación de la concentración con que se presenta en los diferentes puntos de monitoreo, para lo cual se deberá de contar con un kilo de muestra por punto y ser analizados en laboratorio correspondiente.

C. Plomo

La acumulación del plomo en organismos acuáticos y suelos cambia fundamentalmente los procesos bioquímicos, la acumulación se muestra en plantas, animales y dentro de la cadena trófica (Castro Guerrero, 2017), por lo que el análisis de muestra en sedimentos, por punto o estación de muestreo debe de ser una muestra representativa de un kilo por y ser analizados en un laboratorio certificado.

D. Mercurio

Según Cortés Castillo (2017) los análisis de mercurio total son de importancia debido a las características tóxicas cinéticas y de su forma orgánica relacionado a su aspecto, su movilidad, estado de oxidación e interacción con otras sustancias, por lo que en la investigación se realizará el muestreo contándose con un kilo de muestra por punto para la determinación de concentración de mercurio en sedimentos llevado a cabo por el laboratorio acreditado.

E. Arsénico

Según Larios, Fernández, & Rucandio (2011) la extracción secuencial determina tan solo fracciones operacionales definidas, donde la concentración de elemento extraída depende de factores como la elección de los agentes y el orden en que se usan, la duración de cada extracción, la proporción sólido/líquido, la preparación de la muestra y su conservación.

La gran utilidad del método es con el fin de evaluar la disponibilidad de los elementos de estudio en suelos y sedimentos, ya que proporcionarán información detallada del origen del arsénico, modo de origen, disponibilidad biológica y modo de aparición. Para el análisis de la determinación de concentración de arsénico en sedimentos por el laboratorio correspondiente se debe de contar con un kilo de muestra.

La forma de análisis según el laboratorio BHIOS S.R.L. encargado con métodos estandarizados la cual se muestra en la tabla 8:

Parámetros de las Variables

Tabla 8
Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Sedimentos Superficiales	Inorgánicos	Cadmio (Cd)	MÉTODO 3050B – EPA
		Mercurio (Hg)	MÉTODO 7471B - EPA
		Plomo (Pb)	MÉTODO 3050B - EPA
	Arsénico (As)		
Químico	pH	POTENCIOMETRO	

Fuente: Elaboración Propia (2018)

3.4.3. Ubicación de los puntos de muestreo

Checalla Carbajal (2017) menciona que no existen normas absolutas para la selección de puntos de monitoreo, la cual se encuentra relacionada a las condiciones locales que varían de acuerdo al lugar. El (Chira Fernandez.,n.d.) muestreo de sedimentos deberá contar con una cantidad representativa, es por ello que se realizará la muestra en puntos diferentes.

La técnica de muestreo fue adaptada con la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA - "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales" según el monitoreo de calidad de los recursos hídrico superficiales con el tipo de muestreo simple o puntual acondicionado para el muestreo en sedimentos superficiales obteniéndose trece (13) muestras según detalla la tabla 9, las cuales son muestras individuales recolectadas simultáneamente en el tramo de la Subcuenca del río Crucero.

La identificación de puntos de muestreo en sedimentos superficiales, se realizó de acuerdo a las condiciones locales (Chira Fernandez, n.d.) debido a la inexistencia de norma alguna para la selección de puntos (Checalla Carbajal, 2017) por lo que el muestreo se da con el método por conveniencia no probabilístico siendo seleccionados de acuerdo a la accesibilidad y proximidad del desplazamiento del río (Huaranga Moreno, Méndez García, Quilcat León, & Huaranga Arévalo, 2012).

La recolección de muestreo se realizó con un cucharón PVC de 10 cm de altura. Durante su recorrido, el río principal Crucero toma diferentes nombres; en la parte alta se denominada río Grande, en la parte media como río Crucero, y en la parte baja como el río San Antón. La longitud total de la subcuenca Crucero es de 209 km aproximadamente, con una pendiente media de 0.0027%, presenta un drenaje subdendrítico

La muestra consistió de un (1) kilogramo por estación almacenadas en bolsas plásticas de cierre hermético; se secaron al aire y se protegieron de la luz solar. Las muestras de sedimentos posteriormente fueron rotulados y trasladados al laboratorio BHIOS-Arequipa, determinándose las concentraciones de Cd, Hg, Pb y As siguiendo la metodología por espectrometría de absorción atómica y para el pH con el método del potenciómetro.

Los puntos estratégicos de monitoreo se hizo el uso de Google Earth con el fin de reconocer las ubicaciones de los ríos mediante fotografías satelitales, identificado por medio de mapas cartográficos plasmadas en el programa de ArcMap Vers. 10.3.

Tabla 9
Estaciones de muestreo – coordenadas UTM

Estación N°	Lugar	Descripción	Este	Norte	msnm
E1	Río Inambari	Dist. Ananea	435491.44	8378876.2	4543
E2	Río Grande	Dist. Ananea	428813.89	8391968.7	4397
E3	Río Cecilia	Dist. Crucero	412684.24	8401305.7	4290
E4	Río Crucero	Dist. Crucero	390435.16	8411244.8	4137
E5	Dist. Potoni	Dist. Potoni	381574.11	8413046.7	4110
E6	Río Ajoyani	Dist. Potoni	366574.31	8414384.3	4088
E7	Río Antauta	Dist. Potoni	365026.1	8414457.7	4079
E8	Río Grande	San Antón	360391.15	8388531.9	3972
E9	Dist. Asillo	Dist. Asillo	357028.03	8387238.1	3954
E10	Río San Juan	Dist. Asillo	355262.21	8384662.1	3944
E11	Río Grande	Dist. Asillo	361693.33	8366313.9	3884
E12	Río Azángaro	Dist. Santiago de Pupuja	373423.1	8330840.1	3847
E13	Dist. Achaya	Dist. Achaya	375228.01	8309294.8	3836

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Durante su recorrido, el río principal Crucero toma diferentes nombres, en la parte alta se denominada río Grande, en la parte media como río Crucero, y en la parte baja como el río San Antón. La longitud total del río principal es de 209 km, y este tiene una pendiente media de 0,0027% presenta un drenaje subdendrítico.

Las coordenadas mostradas en la tabla 9, son correspondientes de la forma de puntos de estación que se muestran en la *Figura 6*, la cuales se darán detalle de la ubicaciones más adelante.

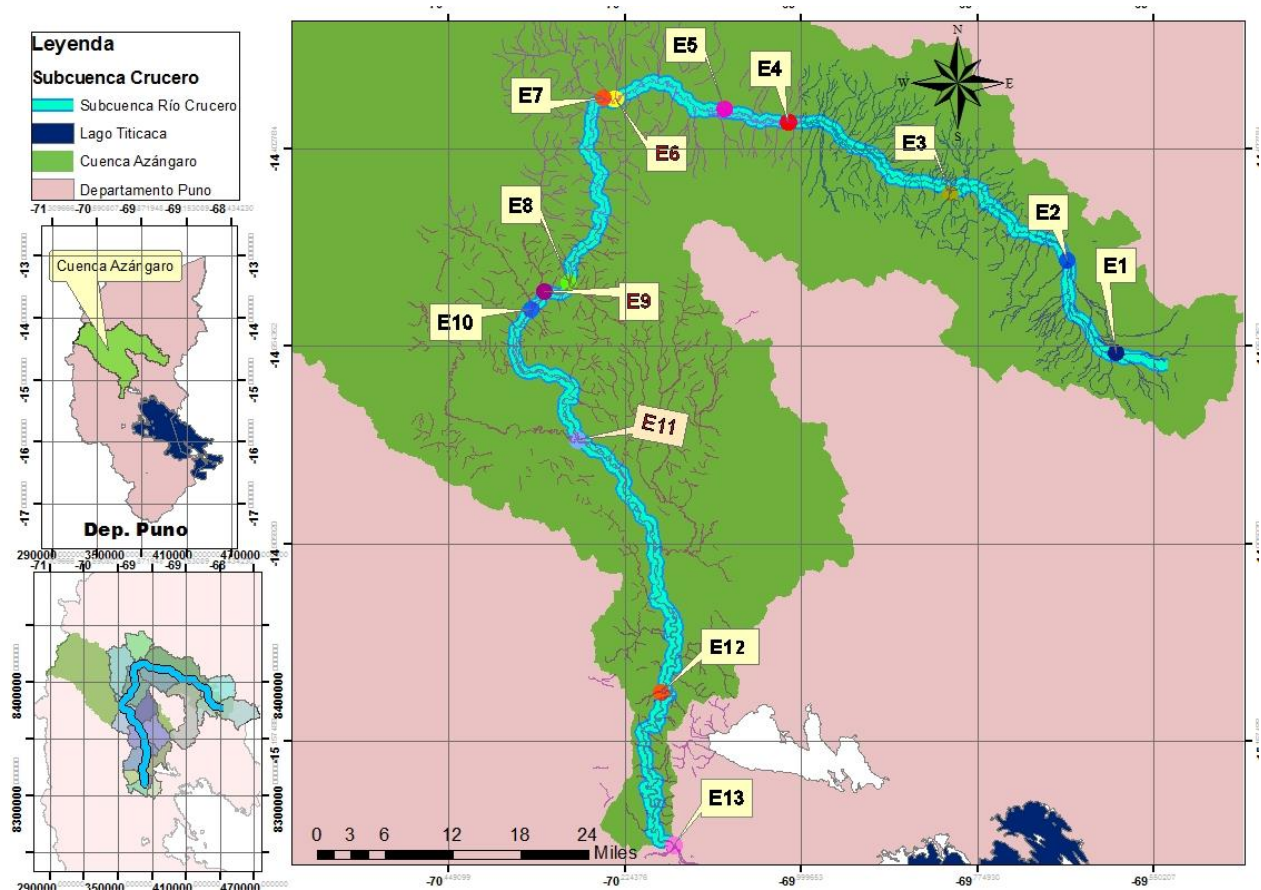


Figura 6. Estaciones de Estudio.

3.4.4. Recolección de muestra en sedimentos

Las muestras de sedimentos se recolectaron en los puntos que se detallaron en la Figura 6 que son extraídos con un cucharón de plástico (instrumento de extracción con un borde de 3 cm), colocándose en una bolsa ziploc y mantenidas en refrigeración hasta su análisis respectivo, las muestras deberán ser recolectadas en las zonas superficiales de 3 a 5 cm. (Tello, Rodriguez et al., n.d.)

Para la recolección de muestras se deberá contar una bolsa de plástico (Senior Galindo., n.d.) y se deberá mantener en abrigo del sol hasta el laboratorio, para su preservación en un congelador a 20°C hasta su tratamiento. Cada bolsa deberá contar con el etiquetado y la numeración de estación, nombre de la zona y coordenada geográfica.

La recolección de la muestra se realizará en un solo tiempo, a través de los antecedentes de la existencia de un déficit hídrico durante los meses de septiembre, octubre y noviembre se realizará el muestreo en un fondo más estratégico, con el fin de verificar a mayor detalle la presencia de metales pesados que se desea analizar, también se recomienda que según la norma española UNE es que no se debe de recolectar muestras cuando hay ciclos externos naturales como son las lluvias, heladas u otras situaciones.

Los sedimentos deben ubicarse en el lecho del río, debe de estar mayor parte del tiempo cubierto por agua, debe de estar alejado de obstáculos, en una zona con circulación lenta del agua, cerca de la orilla también de debe de eliminar el material extraño de cada muestra (piedras, palos entre otros objetos), se debe de hacer el pesado de la muestra en campo. Y prevenir la contaminación cruzada entre las muestras, se debe de realizar la limpieza de los utensilios con agua destilada entre las recogidas de las distintas estaciones.

Para la recolección de muestra se hizo el uso del cucharón de extracción de sedimentos superficiales, de esta manera se obtendrán las muestras representativas en los 13 puntos ya identificados, con un total de un kilo, el detalle por estación se muestra en los siguientes puntos:

- E1: El sedimento de la muestra en la estación uno se encuentra ubicada en el río Inambari que fue recogido a las orillas del río identificado según la lista de la Autoridad Nacional del Agua (2017) que se encuentra en unión de ríos ubicada después del distrito de Ananea.
- E2: La muestra del sedimento en la estación dos se encuentra ubicada en el distrito de Cuyocuyo del río Grande extraída a la orilla del río, con un kilo, para luego ser analizado.
- E3: La estación tres en muestras del sedimento que corresponde al río Cecilia que queda ubicada en el distrito de Putina, extrayéndose un kilo de muestra.
- E4: La estación cuatro de la muestra de sedimento corresponde al río Crucero ubicada en el distrito de Crucero, este punto corresponde a la lista de los ríos principales según la Autoridad Nacional del Agua (2017).
- E5: La muestra de sedimento en la estación cinco, corresponde al río Potoni, que pertenece al distrito de Potoni.
- E6: La estación seis corresponde a la muestra de sedimento corresponde al río Ajoyani encontrándose como parte del distrito de Ponoti, el río es subafluente desde el distrito de Ajoyani.
- E7: La estación siete corresponde a la muestra de sedimento del río Antauta efluente del río de la subcuenca Crucero.
- E8: La muestra de sedimento de la estación ocho corresponde al río Grande que se encuentra en el distrito San Antón.

- E9: La estación nueve corresponde a la muestra de sedimento del distrito de San Antón del distrito San Antón, muestra tomada a orillas del río según coordenadas mostradas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
- E10: La muestra de sedimento de la estación diez corresponde al río San Juan que se ubica en el distrito San Antón.
- E11: La estación once corresponde a la muestra de sedimento a orillas del río Grande, encontrándose al límite entre el distrito de San Antón y distrito Asillo.
- E12: La muestra de sedimento de la estación doce corresponde al río Azángaro, encontrándose en el distrito Azángaro.
- E13: La estación trece corresponde a la muestra de sedimento de la cuenca Azángaro que corresponde al distrito de Achaya, la muestra fue extraída a orillas del río a unos 50 metros debajo del puente, la muestra fue anticipado al inicio de la cuenca Ramis que será el confluente del lago Titicaca.

Después del muestreo para el correspondiente análisis fue trasladado al laboratorio BHIOS Laboratorios S.R.L., que se encuentra certificada según se muestra en el este con el fin de validar los resultados del estudio de investigación.

Procesamiento

Los resultados del estudio realizados en sedimentos serán comparados con la norma Canadiense (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Lif) las cuales son directrices de calidad de sedimentos para la protección de vida acuática "concentración de metales traza, expresadas en mg/kg en sedimentos no contaminados según Canadá/OME (Canada/OME, 1999), actualizado 2001", puesto que no existe otra referencia nacional para este tipo de investigación.

A. Directrices de evaluación para pH

Para la evaluación de los resultados de potencial de hidrógeno (pH) se realizaron de acuerdo al DS N° 004-2017 MINAM (MINAM, 2017) dentro de la categoría de riego de vegetales y bebida de animales; debido a la interacción agua – sedimento y el uso que se le da al agua ya que la zona es considerada agropecuaria, en ese sentido los valores deberían de oscilar entre 6.5 a 8.5 en cuerpos de agua, considerados en relación a la calidad de sedimentos superficiales.

B. Directrices de evaluación para sedimentos

El procedimiento de evaluación para determinar el grado de contaminación por metales se realizó con norma de la calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática en aguas dulces, según norma de Canadá / OME (Canada/OM, 1999) actualizado en 2001, como se muestra en la Tabla 10 detallando dos criterios de calificación que dependerán según las concentraciones obtenidas en los resultados.

Tabla 10.
"Concentración de metales traza, según Canadá/OME"

Directrices provisionales de sedimentos de agua dulce de calidad				
Código del punto de control	Metales en mg/Kg			
	As	Pb	Hg	Cd
ISQGs	5,9	35,0	0,17	0,6
PEL	17,0	91,3	0,486	3.5

Fuente: Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic

- Concentración en los sedimentos < **ISQG** = **Sin** efectos biológicos **adversos**
- Concentración en los sedimentos > **ISQG**, < **PEL** = Efectos biológicos **ocasionales**
- Concentración en los sedimentos > **PEL** = Efectos biológicos **Adversos frecuentes**

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Niveles de contaminación en sedimentos superficiales

Según la Tabla 11 se muestra resultados de análisis llevado a cabo por el laboratorio encargado, las concentraciones de metales tóxicos arsénico, cadmio, mercurio y plomo y como parámetro químico el pH, donde el muestreo de los sedimentos superficiales fueron completamente heterogéneos.

Tabla 11
Resultados de laboratorio

Número de estación	As (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Hg (mg.kg ⁻¹)	Cd (mg.kg ⁻¹)	pH
E1	62.270	8.990	0.047	0.093	7.55
E2	38.670	6.000	0.055	0.163	8.12
E3	42.319	8.710	0.171	0.172	8.44
E4	29.209	11.970	0.070	1.933	8.42
E5	13.929	14.720	0.015	0.462	8.70
E6	14.681	29.090	0.034	1.547	9.18
E7	25.964	11.900	0.042	0.567	8.52
E8	32.357	12.890	0.038	0.549	8.68
E9	33.847	15.250	0.041	0.459	8.77
E10	28.321	14.380	0.036	0.488	8.74
E11	23.795	19.490	0.031	0.455	8.55
E12	10.703	11.890	0.049	0.346	8.49
E13	11.136	7.320	0.008	0.081	8.38

Fuente: Elaboración Propia (2018).

Según la tabla 11 detalla los resultados de evaluación de pH y metales tóxicos, se debe de considerar además que el monitoreo fue realizado en época de estiaje, debido a que la fluidez del agua es mínima, según indica el balance hídrico de la cuenca Ramis. La presencia de metales tóxicos tiene una denotación en sedimentos superficiales en las trece estaciones, además la alcalinidad en las muestras.

4.1.1. Evaluación de pH

En la Tabla 12 se muestra el resumen estadístico del resultado de pH de las trece estaciones en estudio de la subcuenca Crucero.

Tabla 12
Resumen estadístico de resultados para pH

Variable t-Student	Resultado	Unidad
Recuento total	13	Número de estaciones
Promedio	8.503	-
Desviación Estándar	0.381	-
Coefficiente de Variación	4.478	%
Mínimo	7.550	-
Máximo	9.180	-
Rango	1.630	-

La Tabla 12 muestra resultado de valores como: del promedio la cual supera ligeramente el rango de 8.5, por otra parte la desviación estándar del valor promedio interválica sugerida es de 10.4 a 25.96, por lo que se puede indicar que el pH tiene la desviación o dispersión mínima ya que resultó de 0.3807.

Además el pH por ser un fluido con contenido de sales y con cambios de volumen agua, en épocas secas las concentraciones se vuelven más alcalinas lo que ciertamente indican los

resultados de la prueba estadística. Los resultados se les realizarán de valores unitarios como la alcalinidad o acidez de la muestra, que se detallará en la Tabla 13 y Tabla 14:

Tabla 13
Valor de prueba pH 6.5

Variable	Valor de prueba=6.5		
	t	gl	Sig. (bilateral)
pH	0.029	12	0.977

La Tabla 13 detalla el valor de prueba para pH 6.5, mostrando el valor de significancia de 0.000 siendo menor al valor de $P < 0.05$ haciendo que se rechace la probabilidad de que los valores se encuentren con pH de ligeramente ácido, para comprobar si los valores de pH superan el pH de 8.5 por lo que se hará la prueba mostrada en la tablas 14.

Tabla 14
Valor de prueba pH 8.5

Variable	Valor de prueba=8.5		
	T	gl	Sig. (bilateral)
pH	18.696	12	0

La Tabla 14 según de la prueba estadística con pH 8.5 indica nivel de significancia de 0.977, resultando mayor que el Valor $P > 0.05$ es superior, haciendo que se acepte la probabilidad de que los valores de pH oscilan o superan los valores de 8.5 en las trece estaciones.

4.1.2. Evaluación de metales tóxicos

En las siguientes tablas se muestran los resultados de pruebas estadísticas, la Tabla 15 detalla el resumen estadístico para cadmio de las trece muestras de sedimento de la subcuenca Crucero.

Tabla 15
Resumen estadístico de resultado para Cd

Variable t-Student	Resultado	Unidad
Recuento	13	Número de estaciones
Promedio	0.563	-
Desviación Estándar	0.555	-
Coficiente de Variación	98.640	%
Mínimo	0.081	-
Máximo	1.933	-
Rango	1.852	-

Para la Tabla 15 detalla que el promedio se encuentra por debajo de las concentraciones permitidas ($Cd=0.6$) por parte de norma Canadá, la desviación estándar de los valores promedio sugerida debe de encontrarse entre 10.4 a 25.96, por lo que se puede mencionar que Cd tiene la desviación o la dispersión es mínima al haber resultado 0.555, además se puede mencionar que según el rango mínimo y máximo de las trece estaciones no superan concentraciones con efecto en el medio biológico.

Los resultados de la tabla anterior muestran detalles generales, por lo que se realiza pruebas unitarias según valores admisibles establecidos por norma Canadiense que se detalla en la Tabla 16 y Tabla 17.

Tabla 16
Valor de prueba ISQGs 0.6 mg/kg

Variable	Valor de prueba			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Cd	-.242	12	.813	-.037308

La Tabla 17 detalla prueba de valor de ISQGs concentración en los sedimentos sin efectos biológicos Adversos de 0.6 mg/kg de cadmio, se obtuvo 0.813 que es mayor al $P > 0.05$ indicando que se acepte que las concentraciones de cadmio se encuentran con menores valores al rango establecido por la norma, no presenta ningún efecto en el medio acuático.

Tabla 17
Valor de prueba PEL 3.5 mg/kg

Variable	Valor de prueba		
	T	gl	Sig. (bilateral)
Cd	-19.081	12	.000

La Tabla 17 muestra valores de significancia de 0.000 a resultando menor al valor $P < 0.05$ (sabiendo que se trabaja con confiabilidad al 95%) por lo que se rechaza que los valores se encuentren en rango de valores de 3.5 en prueba sedimentos $>$ PEL efectos biológicos Adversos frecuentes, indicando que las valores son menores o no superan valores establecidos por la norma.

➤ **Resultados de análisis de Plomo**

Tabla 18
Resumen estadístico de resultado para Pb

Variable t-Student	Resultado	Unidad
Recuento	13	Número de estaciones
Promedio	13.277	-
Desviación Estándar	5.9805	-
Coefficiente de Variación	45.044	%
Mínimo	6.000	-
Máximo	29.090	-
Rango	23.090	-

Según la Tabla 18 se muestra resultados como el promedio de concentraciones de plomo en las trece estaciones de estudio, las cuales se encuentra por debajo del estándar permitido (35 mg/kg) según la norma Canadiense, la desviación estándar de los valores promedio sugerida es de 10.4 a 25.96 y en la tabla muestra 5.98 siendo menor, indicando que Pb tiene dispersión mínima en la subcuenca Crucero.

Tabla 19
Valor de prueba ISQGs 35.0 mg/kg

Variable	Valor de prueba ISQGs			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Pb	-13.096	12	.000	-21.723077

La Tabla 19 muestra la prueba de valor ISQGs de 35.0 mg/kg de cadmio, obteniendo el valor de significancia de 0.000 siendo menor el valor $P < 0.05$ haciendo que se rechace la probabilidad de que los valores se encuentran cerca de las concentraciones de cadmio estén muy por debajo del valor permitido.

Tabla 20
Valor de prueba PEL 91.3 mg/kg

Variable	Valor de prueba PEL= 91.3			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Pb	-47.039	12	.000	-78.023077

La Tabla 20 muestra los valores de prueba PEL con 91.3 mg/kg que significa el valor límite que si se supera causarían efectos adversos en el medio acuático, los datos de significancia resultaron 0.000 siendo el valor $P < 0.05$, rechazando la opción de que los valores se encuentran cerca o muy cerca de 91.3 mg/kg cerca de valores de PEL.

➤ Resultados de análisis de Mercurio

Tabla 21
Resumen estadístico de resultado para Hg

Variable t-Student	Resultado	Unidad
Recuento	13	Número de estaciones
Promedio	0.049	-
Desviación estándar	0.040	-
Coefficiente de variación	81.535	%
Mínimo	0.008	-
Máximo	0.171	-
Rango	0.163	-

De acuerdo a la Tabla 21 los resultados del promedio de las trece estaciones no supera los niveles permitidas (0.17 mg/kg) que la norma indica, además en cuanto a la relación del coeficiente de variación resulta 81.5348% que indica que es muy heterogénea las concentraciones en cuanto a las concentraciones de mercurio.

Tabla 22
Valor de prueba ISQGs 0.17 mg/kg

Variable	Valor de prueba			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Hg	-10.920	12	.000	-.121000

Según la Tabla 22 respecto a los valores de ISQGs el valor de significancia es de 0.000 es menor que el valor $P < 0.05$, por lo que se rechaza que las concentraciones en las trece estaciones no superan valores de 0.170 que la norma establece.

Tabla 23
Valor de prueba PEL 0.486 mg/kg

Valor de prueba = 0.486				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
Hg	-39.438	12	.000	-.437000

Según la Tabla 22 muestra la significancia es 0.000 el valor de $p < 0.05$ el resultado es menor, indicando que valores respecto a PEL se rechaza que las concentraciones de mercurio se encuentran muy por debajo del límite.

➤ **Resultados de análisis de Arsénico**

Tabla 24

Resumen estadístico de resultados para As

Variable t-Student	Resultado	Unidad
Recuento total	13	Número de estaciones
Promedio	28.246	-
Desviación estándar	14.514	-
Coefficiente de variación	51.386	%
Mínimo	10.703	-
Máximo	62.270	-
Rango	51.567	-

La Tabla 24 muestra resultados de promedio que supera los valores permisibles por la norma directriz, la desviación estándar interválica sugerida es de 10.4 a 25.96, por lo que se puede aceptar la concentración de arsénico tiene una dispersión media, los valores del promedio son menores a lo establecido en la norma (17.0 mg/kg), en las tablas 25 y tabla 26 se muestra pruebas de valor de ISQGs y PEL según norma Canadiense.

Tabla 25

Valor de prueba ISQGs 5.9 mg/kg

Valor de prueba				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
As	5.551	12	.000	22.346231

La tabla 25 muestra detalles del valor de significancia que resulta 0.000 que son menores que el valor $p < 0.05$ por su grado de confianza que es de 95%, además estos resultados indican que se rechaza que los valores promedio se encuentren dentro de este rango de 5.9mg/g de arsénico en muestras de sedimento.

Tabla 26
Valor de prueba PEL 17 mg/kg

	Valor de prueba			
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
As	2.794	12	.016	11.246231

La Tabla 26 muestra valores de significancia de 0.016 que continúa siendo un valor menor referente al $P < 0.05$, indicando que las concentraciones de arsénico en muestra de sedimento se encuentran superiores a 17.0 mg/kg en el recorrido del río de la subcuenca Crucero.

4.2. Identificación de puntos críticos

4.2.1. Potencial de Hidrógeno

El resultado de pH respecto a la situación de los sedimentos superficiales de la subcuenca Crucero se muestra en la siguiente figura.

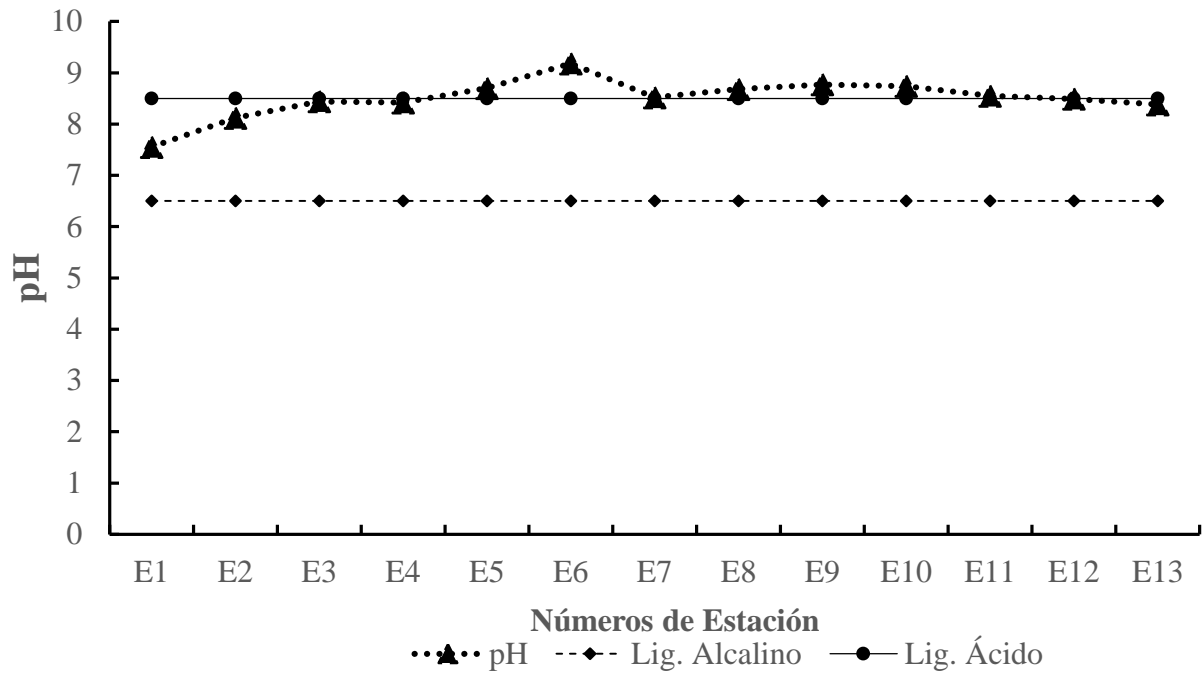


Figura 7. Valores de pH.

La

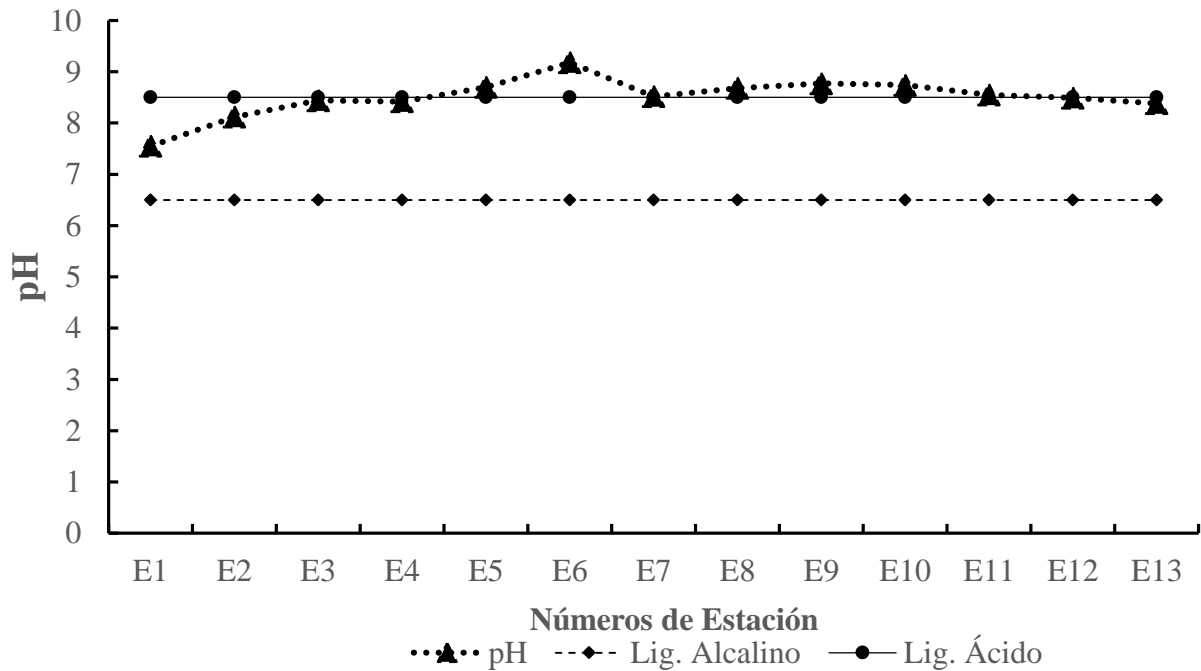


Figura 7 muestra los valores del potencial de hidrógeno en la subcuenca Crucero, presentando con un pH ligeramente alcalino en la estación E5 con pH 8.7, E7 con pH 8.5, E8 con pH 8.68,

E9 con pH 8.77, la E10 con pH de 8.74 y la E11 con pH de 8.55, valores que superan el pH óptimo, en el estudio de Jimenez Verdesoto (2012) hace mención que la estación uno (E1) perteneciente al río Inambari con pH 7.55, haciendo que este no sea un riesgo en cuanto a las absorciones de metales en sedimentos, y si existe presencia de metales en este punto la absorción en sedimentos es mínima.

Para Quispe Yana (2017) los valores de pH que resultan más bajos de pH 6.5 puede deber a que las aguas diluidas se encontrarían con alto contenido de materia orgánica, y valores altos en aguas eutróficas, solamente la estación seis (E6) presentó valores pH 9.18 siendo alcalino.

Según Ibarra Castillo et al. (2009) los resultados de ligeramente alcalinos oscilan entre 8.273, 8.73315 según prueba estadística, (María Valentina Fuentes et al., 2010) estas concentraciones no tienen mucha capacidad de adsorción en sedimentos, por otra parte Isern Roselló (2005) indica que la capacidad de adsorción es casi nula cuando el pH se muestra mayores de a 5 y (Apaza Porto, 2016) el pH en agua dulce no debería de ser inferior a 5 ni mayor a 9.5 ya que la vida vegetal ni las especies animales lo soportan generando esterilidad en suelos y muerte en peces.

4.2.2. Metales Tóxicos

A. Cadmio

El resultado de Cadmio respecto a las concentraciones en los sedimentos superficiales de la subcuenca Crucero se muestra en la siguiente figura.

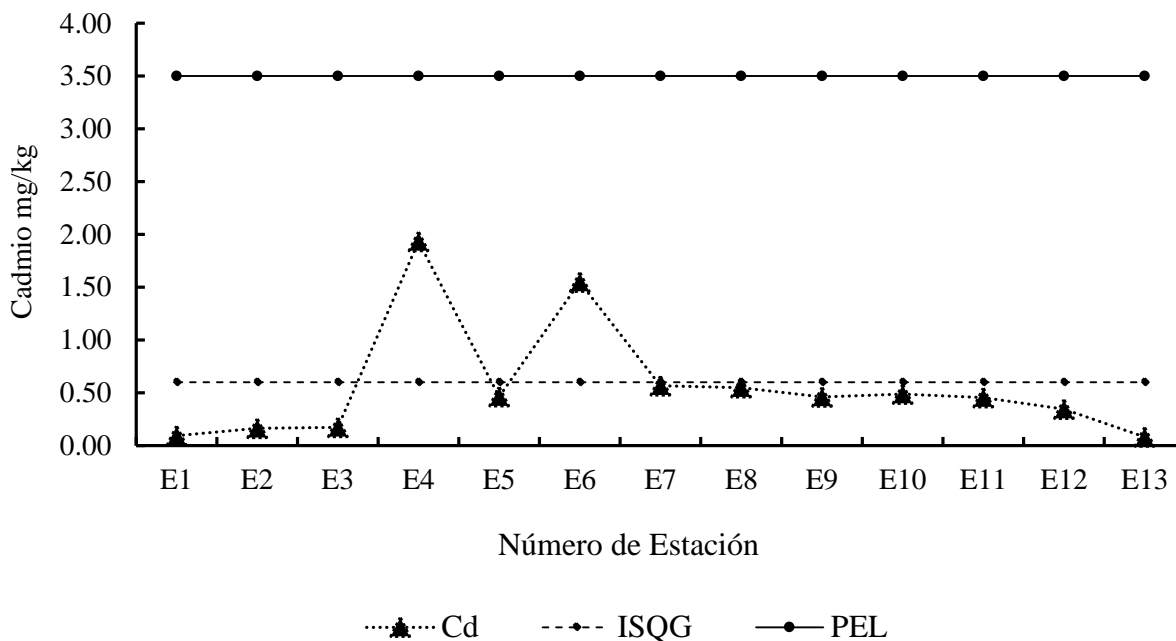


Figura 8. Presencia y concentración de Cadmio en la subcuenca.

En la Figura 8 se visualiza los niveles de concentración de Cd de acuerdo a las directrices de la norma Canadiense, se muestra una dispersión heterogénea indicando la existencia de dos estaciones Concentración en los sedimentos $> ISQG < PEL$ que representa efectos biológicos ocasionales que superan las concentraciones de ISQGs en la E4 con 1.93 mg/kg y la E6 con 1.547 mg/kg señalando que debe de considerarse concentraciones que presentan efecto biológico ocasionales en la subcuenca del río Crucero.

Las concentraciones de cadmio de acuerdo a Salas Mercado (2017) en muestra del río Crucero en la E2 se valorizó con 10.271 mg/kg y en el presente estudio es de 0.16 mg/kg mostrándose una disminución, y por otra parte el punto de río Grande (E8) se obtuvo 6.106 mg/kg y en el presente estudio se tuvo 0.55 mg/kg, mostrando que se presentó variaciones y

también la estación nueve (E9) obtuvo 5.9776 mg/kg y en el presente estudio se obtuvo 0.46 mg/kg, esto se debe a la diferencia de temporadas de muestreo, ya que el estudio realizado el 2017 se realizó en el mes de julio.

Y en cuanto a valores de cadmio en el punto de río Grande (E8) se obtuvo 6.106. mg/kg y en el presente estudio se tuvo 0.55 mg/kg, mostrando que se presentó variaciones en el punto de muestreo. En cuanto a las concentraciones de la estación nueve (E9) Sala Mercado (2017) obtuvo 5.9776 mg/kg, sin embargo en el presente se obtuvo 0.46 mg/kg esto se debe al muestreo en diferentes estaciones o temporada.

B. Plomo

La presencia y concentración de plomo se muestra en la siguiente figura donde se muestra la presencia y concentración de plomo en comparación con la norma a partir de dos valores provisionales de sedimentos en agua dulce:

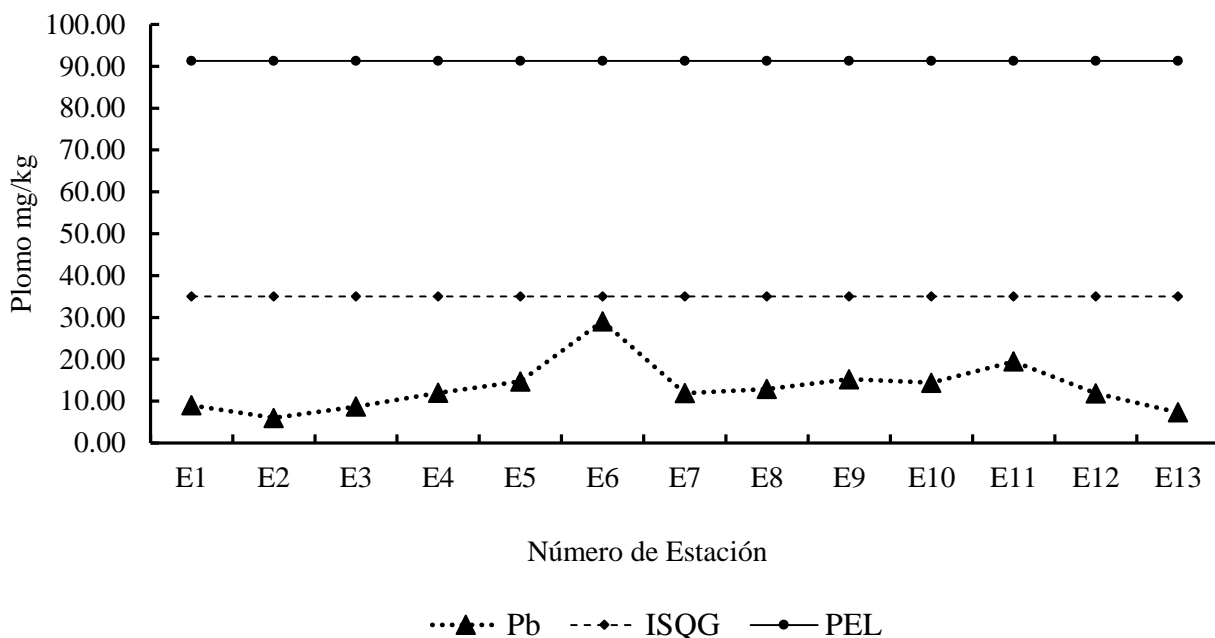


Figura 9. Presencia y concentración de Plomo en la subcuenca.

La presencia de plomo según la

Figura 9 todas las concentraciones son de menor impacto y no presentan ni un tipo de riesgo ya que en ningún punto supera valores de ISQGs que son los valores que no tienen ningún efecto biológico adverso en la subcuenca crucero, pero la estación seis (E6) con 29.09 mg/kg que muestra valor cercano al límite de ISQGs que se debe a los ríos que afluyen cerca de este se ven influenciados por la actividad minera.

Además de acuerdo a la relación a las directrices de la norma ambiental ISQG, los resultados del análisis muestran una dispersión heterogénea en las estaciones, además de presentar las concentraciones de menor impacto y no presentan ningún de riesgo, las concentración en los sedimentos < ISQG = Sin efectos biológicos adversos en la subcuenca río Crucero, pero la estación seis (E6) con 29.09 mg/kg que muestra valor cercano a las concentraciones de > ISQG<

PEL = representando efectos biológicos ocasionales, esto se debe a los ríos que afluyen cerca a la estación por la influencia de la actividad minera.

Según Salas Mercado (2017) en la E4 valorizó Pb con 0.041 mg/kg, el presente estudio es de 0.07 mg/kg se muestra una disminución, además esto se debe por la diferencia de temporadas, ya que el estudio realizado el 2017 se realizó en temporadas de estiaje en el mes de Julio.

C. Mercurio

En la siguiente figura se muestra la presencia y concentración de mercurio en comparación con la norma de directrices provisionales de sedimentos en agua dulce, además.

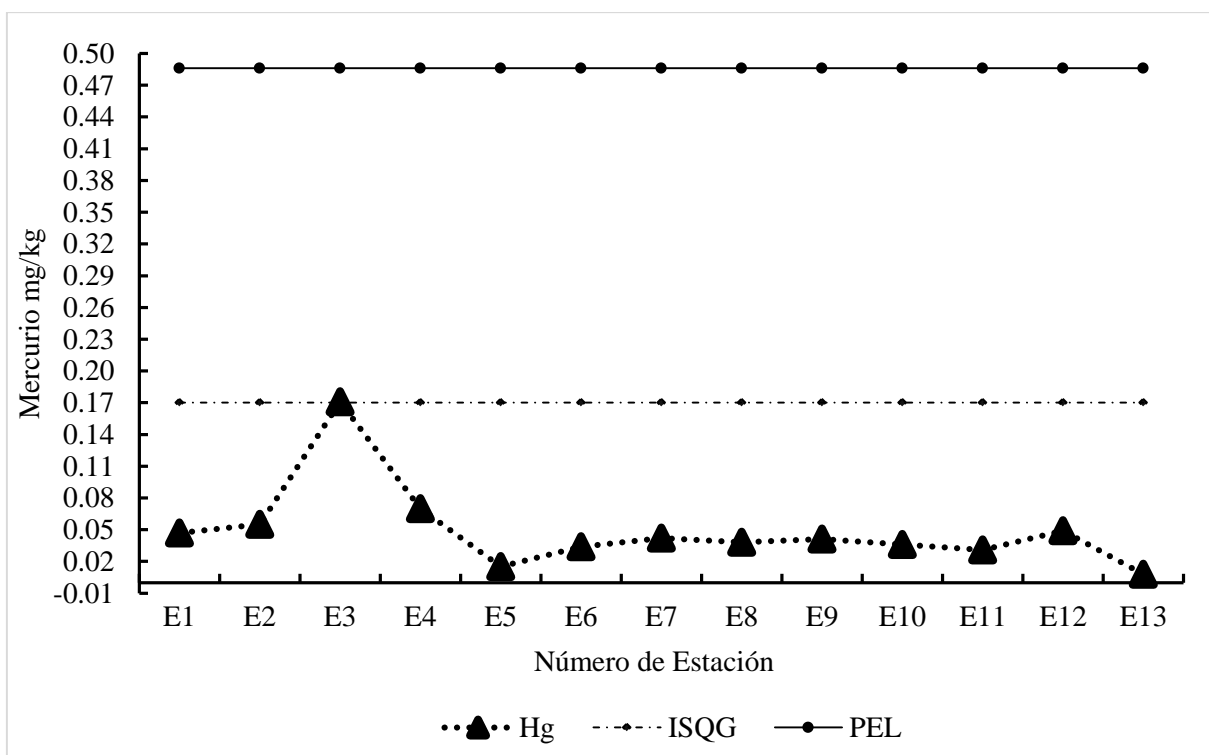


Figura 10. Presencia y concentraciones de Mercurio en la subcuenca.

La figura 10 muestra resultados de las concentraciones de mercurio, señalando que en doce estaciones son inferiores a la mínima concentración que no presenta efecto biológico de ningún tipo, sin embargo se visualiza que la E3 se encuentra con el valor mínimo de la norma establecida, por lo que se le considera con concentración en los sedimentos < ISQG que es Sin efectos biológicos adversos. Respecto a los valores de PEL ninguno alcanza el nivel de concentración con presencia de efectos adversos con frecuencia.

De acuerdo a Salas Mercado (2017) la muestra del río Crucero (E4) se valorizó con 0.041 mg/kg, y en el estudio actual es de 0.07 mg/kg se muestra una disminución, además esto se debe por la diferencia de temporadas, ya que el estudio realizado el 2017 se realizó en temporadas de estiaje en el mes de Julio.

D. Arsénico

En la siguiente figura se muestra la presencia y concentración de arsénico en comparación con la norma de directrices provisionales de sedimentos en agua dulce:

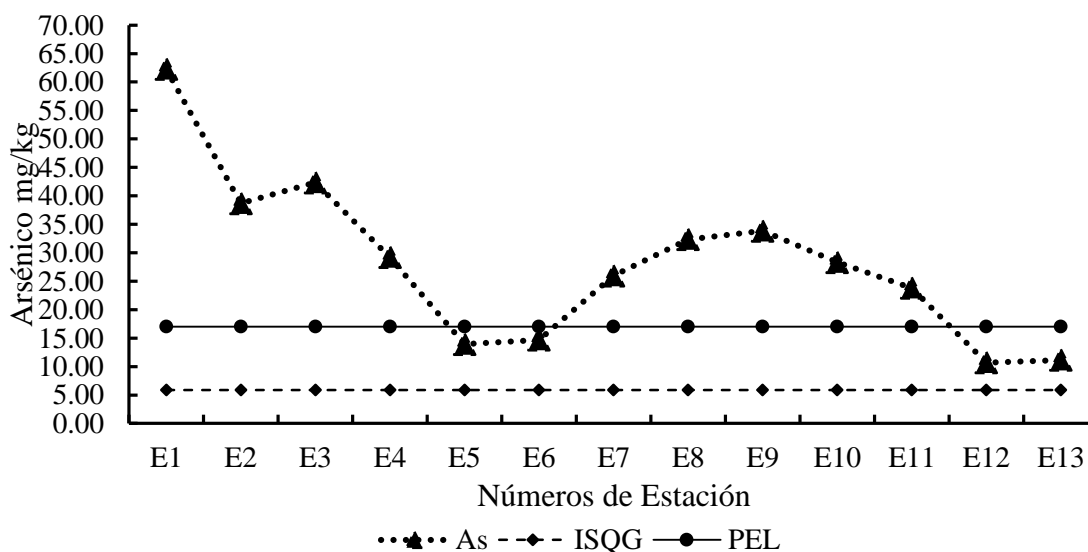


Figura 11. Presencia y concentración de Arsénico en la subcuenca.

Los resultados de arsénico según norma de calidad de sedimentos dividido en dos grupos de sub valores el primero ISQGs se encuentran las estación E5, E6, E12 y E13 puntos que no presentan efecto biológico adverso para la vida acuática, pero respecto al segundo valor de PEL se encuentran las estaciones E1, E2, E3, E7, E8, E9, E10 y E11 que significa que son las concentraciones con efectos biológicos adversos frecuentes esto de acuerdo a la directriz de norma Canadiense de sedimentos.

Para Salas Mercado (2017) durante su investigación en concentraciones de arsénico la muestra del río Crucero (E4) se valorizó de 36.72 mg/kg, y en el presente estudio es de 29.21 mg/kg la que disminuyó; debido al cambio de temporadas; ya que el estudio realizado fue realizado en 2017 en temporadas de estiaje.

Y en cuanto a valores de arsénico en la E8 se obtuvo 20.29 mg/kg y en el estudio actual se obtuvo 32.36 mg/kg, mostrando variaciones en tal punto. En cuanto a las concentraciones de la E9 Salas Mercado obtuvo 20.24 mg/kg y en la presente estudio se obtuvo 33.85 mg/kg también se muestra una variación de resultados. Y en cuanto a los sedimentos de la E2 en 2006 mostraron valores altos en As, la cual proviene de las actividades mineras de la zona de Ananea. De acuerdo a las normas de Riverside, las aguas superficiales (Zavala Carrión & Guerrero Bohorquez, 2006), los niveles de arsénico en concentraciones en los sedimentos son > PEL cuales presentan Efectos biológicos frecuentes en la subcuenca del río Crucero.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Según el estudio realizado se concluye que existe contaminación por metales tóxicos realizados en sedimentos superficiales identificándose cuatro puntos críticos de contaminación en sedimentos superficiales (E1, E3, E4 y E6), de los cuales tres estaciones (E3, E4 y E6) presentan efectos biológicos ocasionales por exposición a metales tóxicos más elevados (Hg, As, Cd y Pb) y la estación E1 se presenta el nivel de pH más bajo indicando que tiene mayores posibilidades de traslación a metales. El cambio de concentraciones se ven influenciadas por el cambio de temporadas de lluvia o de estiaje, donde los metales tóxicos en su recorrido son trasladados hasta llegar al lago Titicaca, afirmando que la subcuenca Azángaro está siendo contaminada por arsénico porque las concentraciones superan los valores de PEL de la calidad de sedimentos. afirmando que si existe alteraciones con respecto a arsénico, identificándose un total de nueve estaciones.
- La estación E2 presentó concentraciones elevadas para arsénico con concentración en los sedimentos > PEL presentando Efectos biológicos frecuentes pero no tendrá efectos sobre la población alrededor de al subcuenca Crucero. Por otro lado las se hallaron 7 estaciones con pH elevado los cuales no son óptimas para la vida acuática o bebida de animales además la E6 con mayor pH indicando que no es óptima para riego en la zona del distrito Ajoyani y aguas abajo del río Antauta.

- Los resultados se ven influenciados por las temporadas de avenida, ya que la traslación de los metales es más probable en la cuenca hasta llegar al lago Titicaca, afirmando que la subcuenca Azángaro está siendo fuertemente contaminada por arsénico que según las directrices presentan efectos biológicos adversos con frecuencia, debido a que superan valores PEL. Por lo tanto definimos que sí existe alteraciones de concentraciones con respecto a arsénico, identificándose un total de nueve estaciones.
- Con respecto a los valores de pH se identificaron 7 estaciones con pH alcalinos las cuales no son óptimas para la vida acuática y que además se tiene como posibilidad de volver incapaz de contar con vida vegetal y especies acuáticas, además la E6 tiene mayor pH indicando que no es óptima para riego en la zona del distrito Ajoyani, que puede podría afectar aguas abajo del río Antauta.

5.1. Recomendaciones

- De acuerdo a los estudios de mercurio en el río Ramis y la influencia sobre la contaminación en el lago Titicaca, se recomienda tomar muestras en temporadas de periodos lluviosos, con el fin del descarte del arrastre de sólidos en suspensión durante los periodos de lluvia.
- Se debe de realizar la evaluación de calidad de riego, también se debe de caracterizar las rutas de exposición y además la aplicación de modelos de transporte de metales tóxicos y finalmente realizar análisis en cultivos.

Referencia

- Álvarez, J., Sotero, V., Brack E., A., & Ipenza Peralta, C. A. (2011). *Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio*. <https://doi.org/978-612-45818-7-8>
- Apaza Porto, H. R. (2016). *Determinación del Contenido de Mercurio en Agua y Sedimentos del Rio Suches - Zona Bajp Paria Cojata - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Geológica e ingeniería Metalúrgica, Escuela de Profesional de Ingeniería Metalúrgica. Puno, Perú. Retrieved from http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2854/Apaza_Porto_Hernan.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bravo Chaves, F. M., Piedra Marín, G., & Piedra Castro, L. (2012). Evaluación Físico-Química De Los Sedimentos en el Estero Tamarindo y sus Tributarios, Guanacaste, Costa Rica. *Uniciencia*, 26, 41–50.
- Castro Guerrero, R. C. (2017). *Contaminación por metales pesados Cadmio y Plomo en Agua, Sedimento y Mejillón Mytella guyanensis (Lamarck 1819) en los puentes 5 e Junio y Perimetral (Estero Salado, Guayaquil-Ecuador)*. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Biología. Retrieved from http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20970/1/TESIS_18_AGOSTO_ROBERTO_CARLOS_CASTRO_GUERRERO.pdf
- Checalla Carbajal, R. B. (2017). *“Efectos de Iones Químicos y Micro - Organismos Estentes en los Sedimentos de la Bahía Interior de la Ciudad de Puni - 2017.”* Universidad Privada San Carlos, Facultad de Ingenierías, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Puno, Perú. Retrieved from

http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/4399/Ronald_Baroni_CHECALL_A_CARBAJAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chira Fernandez, J. (n.d.). *Metales biodisponibles en la cuenca alta del río Torres-Vizcarra, departamentos de Ancash y Huánuco*. Huánuco. Retrieved from http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13_n26/pdf2/a02v13n26.pdf

Cornejo Olarte, D. A., & Pacheco Tanaka, M. E. (2014). Contaminación de Aguas y Sedimentos por As, Pb Y Hg de la Cuenca del Rio Ramis, Puno - Perú. *Escuela de Posgrado*, 5(4), 14. <https://doi.org/2077-8686>

Cortés Castillo, E. C. (2017). *Determinación de mercurio orgánico e inorgánico en muestras ambientales*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.

Ecofluidos ingenieros. (2012). *Informe final del estudio de la Calidad de Fuentes utilizadas para consumo humano y plan De mitigación por Contaminación por uso Doméstico y Agroquímicos en Apurímac y Cusco. El Programa Interagencial “Gestión integral y adaptativa de recursos ambientales para minimizar vulnerabilidades al cambio climático en microcuencas andinas.”* Lima, Perú. Retrieved from <http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>

Flores Ponce, L. G. (2018). Evaluación Físico Química de Metales Tóxicos en el Río Grande, Ananea - Crucero Puno, 7(2), 548–561. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2018.2.79>

García, M., Sánchez, F., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., ... Cortés, G. (2002). El agua. *Ideam*, 115–189. Retrieved from

<https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/000001/cap4.pdf>

García, P. E. P., & Cruz, M. I. A. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 199–205.

García Salgado, S. (2013). *Arsenic Speciaion and Metal Accumulation Studien in Environmetal Samples*. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Universitaria de ingería técnica de Obras Públicas.

Hanco, E. S. M. (2013). Pesados En La Laguna Choquene , Quilcapunco –. *Investigación Altoandina*, 15(2), 213–224.

Hernández Hernández, A. (2011). “*Determinacion de Metales Pesados en Suelos de Natividad, Ixtlan de Juárez Oaxaca.*” Universidad de la Sierra Juarez, Ixtlá, de Juarez, Oaxaca.

Hernández Sampiere, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. (J. Mares Chacon & M. Rocha Martínez, Eds.). México, Bogotá. <https://doi.org/>- ISBN 978-92-75-32913-9

Herrera Núñez, J., Rodriguez Corales, J., Coto Campo, J. M., Salgado Silva, V., & Barbón Alpizar, H. (2013). Evaluación de Metales Pesados en los Sedimentos Superficiales del Río Pirro. *Tecnología En Marcha*, 26(1), 27–36.

Huaranga Moreno, F., Méndez García, E., Quilcat León, V., & Huaranga Arévalo, F. (2012). Pollution by heavy metals in the Moche River Basin, 1980 - 2010, La Libertad - Peru. *Scientia Agropecuaria*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.05>

Ibarra Castillo, D., Ruiz Corral, J. A., Gonzales Eguiarte, R. D., Flores Garnica, J. G., & Díaz Padilla, G. (2009). Distribución Espacial del pH de los suelos Agrícolas de Zapopan,

Jalisco, México. *Agricultura Técnica En México*, 35(3), 267–276.

Intendenta, Olivera, A., General, Secretario Prato, R., Director, Canessa, J., Director De La, S., Saneamiento, D., Campal, N., ... Espinosa, N. (2011). *Estudio de la calidad de agua, sedimento y biota del Río de la Plata Evaluación de línea de base*. Retrieved from http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/estudio_calidad_agua_sedimento_biota_rio_de_la_plata_linea_de_base_2011.pdf

Isern Roselló, R. (2005). *Estudio experimental de la movilidad de metales pesados en sedimentos*.

Isern Roselló, R., & Martínez Planas, M. del M. (2011). *Estudio Experimental de la Movilidad de Metales Pesados en Sedimentos de la Cuenca del Jequetepeque, Perú*. Universitat Politècnica de Catalunya. Retrieved from <http://www.recercat.cat/handle/2072/166631>

Jimenez Verdesoto, D. B. (2012). “*Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Niquel y Plomo) en Agua Superficial, Sedimentos y Organismos (Crassostrea Columbiensis) Ostion de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)*.” as Naturales, Escuela Biológica. Guayaquil, Ecuador.

Kwok, K. W. H., Batley, G. E., Wenning, R. J., Zhu, L., Vangheluwe, M., J Wenning, R., & Lee, S. (2014). Sediment quality guidelines: Challenges and opportunities for improving sediment management. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(1), 17–27. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1778-7>

Larios, R., Fernández, R., & Rucandio, M. I. (2011). Movilidad y Disponibilidad de Arsénico en Sedimentos Mediante la Aplicación del Método de Extracciones Secuenciales BCR.

Loayza Quispe, J. L., & Cano Rojas, P. A. (2015). *Impacto de las Actividades Antrópicas sobre*

la Calidad del Agua de la Subcuenca del Río Shullcas-Huancayo-Junín. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Huancayo, Perú. Retrieved from <http://www.uncp.edu.pe/?q=noticia%2Funcp-inauguran-sistema-de-seguimiento-al-egresado>

Lobato Flores, A. L. (2013). “*Evaluación Ambiental y Programas de Remediación de la Cuenca Alta del Río Ramis.*” Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica. Lima, Perú.

Lominchar, M. A., Sierra, M. J., Rodríguez, J., & Millán, R. (2010). Estudio del Comportamiento y Distribución del Mercurio Presente en Muestras de Suelo Recogidas en la Ribera del Río Valdezogues. In *Informes Técnico Ciemat* (p. 51). Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológica, Madrid, España. Retrieved from <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21379861>

López, F., Senior, W., Fermín, I., Marquéz, A., & Martínez, G. (2006). Fraccionamiento de los Metales Pesados Fe, Cd, Cr y Pb en los Sedimentos Superficiales de la Laguna de Píritu Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad Oriente.*, 45(1), 51–60.

Manoj, M. C., Thakur, B., Uddandam, P. R., & Prasad, V. (2018). Assessment of metal contamination in the sediments of Vembanad wetland system, from the urban city of southwest India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.07.004>

María Valentina Fuentes, H., de Astudillo, L. R., Díaz, A., & Martínez, G. (2010). Distribución de metales pesados en los sedimentos superficiales del Saco del Golfo de Cariaco, Sucre,

Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58(SUPPL. 3), 129–140. <https://doi.org/0034-7744>

Mayorga Moreno, P. (n.d.). *Arsénico en aguas Subterráneas su transferencia al suelos y a la Planta*.

Molina, U. N. A. la, & Minas, M. de E. y. (1999). *Investigación y Monitoreo de los Ríos Carabaya - Ramis y Cabanillas y del Lago Titicaca*. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd08/carabaya.pdf>

Monroy, M., Maceda-Veiga, A., & Sostoa, A. (2014). Metal concentration in water, sediment and four fish species from Lake Titicaca reveals a large-scale environmental concern. *Science of the Total Environment*, 487(1), 233–244. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.134>

Ocola Salazar, J. J., & Laqui Vilca, W. F. (2017). *Fuentes Contaminantes en la Cuenca del Lago Titicaca*. (J. J. Ocola Salaza & W. F. Laqui Vilca, Eds.). Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua. Retrieved from <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/636>

Pacori Mamani, O. A. (2017). *Ley de Necesidad Pública de la Cuenca Ramis*. Retrieved from http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Proyectos_de_Ley_y_de_Resoluciones_Legislativas/PL0213220171114..pdf

Pagador Moya, C. J., Huertes Auilar, J., Leandro Silva, V., Arapa Carcasi, J., Tancayllo Ccalla, E., Cambillo Castro, C., ... Espinoza Rodriguez, P. (2008). “*Actualización del Balance Hídrico de la Cuenca del río Ramis*.” (INRENA, Ed.) (Vol. 1). Retrieved from <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/581.pdf>

Patilla Pineda, B. (2014). *Calidad del Agua y Sedimentos del Río Tambopata, Departamento*

Madre de Dios - 2014. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente. Retrieved from <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/114/004-2-3-037.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez Contreras, J. B., Mendoza, C. L., & Gomez, A. (2004). Determinación de Metales Pesados en Aguas y Sedimentos del Río Haina. *Ciencia y Sociedad - Redalyc*, 29(1), 38–71. <https://doi.org/0378-7680>

Pérez Minguez, I. (2015). *Ecotoxicología del Arsénico en Suelos de la comunidad de Madrid*. Facultad de Farmacia Departamento de Edafología.

Quispe Yana, R. F. (2017). *Evaluación de la Concentración de Metales Pesados (Cromo, Cadmio y Plomo) en los Sedimentos Superficiales en el Río Coata, 2017*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola. Puno, Perú. Retrieved from <http://www.agro.unalmed.edu.co/v2/departamentos/iagricola/>

Romero Guadarrama, J. A. (2011). *Geoquímica de As, Hg, Pb y Zn y Minerología en Sedimentos Superficiales de la Cuenca de Drenaje del Distrito Minero el Triunfo, B.C.S. MÉXICO. Ciencias Marinas*. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina. La Paz Baja California Sur, México. <https://doi.org/Tesis de Maestría en Ciencia en Manejo de Recursos Marinos>

Roulet, M., Lucotte, M., Guimarães, J. R. ., & Rheault, I. (2000). Methylmercury in water, seston, and epiphyton of an Amazonian river and its floodplain, Tapajós River, Brazil. *Science of The Total Environment*, 261(1–3), 43–59. <https://doi.org/10.1016/S0048->

9697(00)00594-5

Salas Mercado, D. (2017). *Evaluación de Metales y Metaloides en Sedimentos en la Sub Cuenca del Río Azángaro y modelamiento Ambiental*. Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Posgrados, Maestría en Tecnologías de Protección Ambiental. https://doi.org/10.1007/8904_2014_350

Sánchez Turcios, R. A. (2015). t-Student. Usos y abusos. *Cardiología*, 26(1), 59–61.

Senior Galindo, W. J. (n.d.). *Diagnóstico y evaluación de la contaminación por metales pesados en los sedimentos superficiales del Estero Santa Rosa, Provincia de El Oro, Ecuador..* Universidad Técnica de Machala. Retrieved from [http://www.utmachala.edu.ec/archivos/Rendicion Cuentas Prometeos/2014/William Senior.pdf](http://www.utmachala.edu.ec/archivos/Rendicion_Cuentas_Prometeos/2014/William_Senior.pdf)

Tello, Rodriguez, F. E., Sifuentes Damián, P. A., Resurrección Huertas, Z. J., Cabello Blanco, J. J., Sifuentes Damián, A. P., Salvador, J. F., & Bustamante Dominguez, A. (n.d.). Caracterización de sedimentos de la laguna el paraíso, huacho, región lima
Characterization of sediments from the lagoon paradise Huacho, Lima region. In *Caracterización de sedimentos* (pp. 1–12).

Zavala Carrión, B., & Guerrero Bohorquez, C. (2006). *Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Ramis*. Lima, Perú.

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(June), 300–308. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.035>

ANEXOS

Anexo A. Marco lógico

MARCO LOGICO			
Resumen Ejecutivo	Indicadores	Medio de Verificación	Supuestos
Justificación			
La investigación evaluará las concentraciones de metales y así permitirá ubicar los puntos más críticos y vulnerables en cuento a las concentraciones de los metales tóxicos y que son de suma importancia debido a que el río Crucero o río Grande es un río principal de la Cuenca Azángaro.	Identificación de los puntos críticos de contaminación por metales tóxicos	Información obtenida de los resultados de análisis en campo y laboratorio	La información es veraz
Objetivo General			
Identificar los puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero en ríos principales.	Análisis de Laboratorio y Campo		Resultados obtenidos en laboratorio presenta un margen de error aceptable
Objetivos Específicos			
<p>◆Determinar la presencia y concentración de metales tóxicos (cadmio, mercurio, plomo, arsénico) y parámetro químico (pH) en muestras de sedimentos superficiales.</p> <p>◆Determinar el grado de contaminación por las concentraciones de los metales tóxicos en sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, según directrices de calidad de sedimentos Canadian Environmental Quality Guidelines</p>	Niveles de concentración de metales tóxicos en sedimentos	Norma Estandarizada de Directrices de calidad de sedimentos canadienses para la protección de la vida acuática en aguas dulces	Los muestreos de campo y laboratorio, cumple con los estándares establecidos
	Niveles de comparación de concentraciones de metales tóxicos en Sedimentos		
	Nivel de Indentificación de Punto Critico en Subcuenca Crucero-Cuenca Azángaro		

Anexo B. Certificado de Laboratorio

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

BHIOS LABORATORIOS S.R.L

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Quiñones Msa. B Lote 6, Urb. Magisterial (2do Piso), distrito de Yanahuara, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 16 de febrero de 2018
Fecha de Vencimiento: 15 de febrero de 2020




MÓNICA NÚÑEZ CABANAS
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0109-2018-INACAL/DA
Consejo N° : 009-2018-INACAL-DA
Registro N° : LC-925

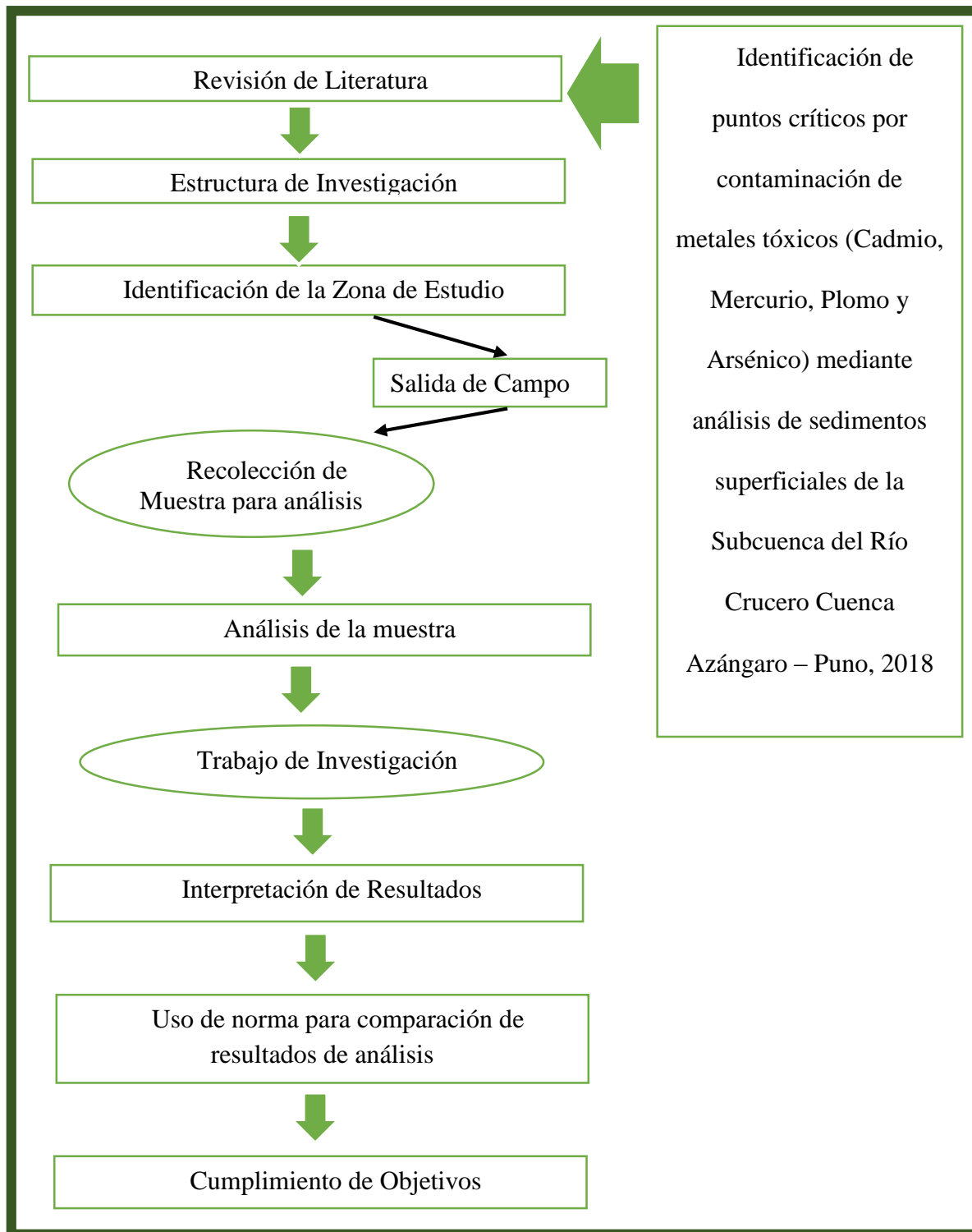
Fecha de emisión: 22 de marzo de 2018

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y código de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia sólo se detallan en la página web www.inacal.gob.pe/inacal/informacion/credenciales al momento de haber sido emitido el presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con CENSAI de Asia Americana, Asociación Cooperativa OIVACHA Internacional, Asociación Forane DAU y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-06P-02M Vers 02

Anexo C. Flujograma



Anexo D. Procedimiento de muestreo de sedimento

MUESTREO

Para el muestreo de sedimentos, se deberá de seguir lo siguiente:

- ❖ Encontrándose en el sitio especificado en los puntos de muestreo, se da inicio al trabajo de toma de muestra.
- ❖ Se hace uso del Cucharón de Plástico para la extracción del sedimento, este debe de contar con características de borde de 3 a 5 cm, con una capacidad de contenido como mínima de 1 kilo.
- ❖ El muestreo se realizará en los puntos, teniendo cuidado de no realizar el sondeo en el fondo del cuerpo muestreado a más de 15 centímetros de profundidad, si la muestra no es suficiente se debe repetir el proceso
- ❖ La muestra de cada punto en este caso es una muestra simple que según Resolución Jefatural N° 101-2016-ANA: Protocolo Nacional, indica que se toma muestra en un solo punto, sin realizar algún tipo de mezcla con otros puntos de patrón reconocidos.
- ❖ Las muestras serán colocadas en bolsas ziploc, y para el control de la temperatura serán colocado en una hielera
- ❖ En caso exista restos de plantas o piedras, estos deberán de ser retirados, salvo que sean necesario para algún tipo de análisis.
- ❖ Cada envase de muestra deberá de ser colocada con sus respectivos datos.
- ❖ Para la entrega al laboratorio encargado, las muestraran deben de mantener sus características, sin ningún tipo de alteraciones.

Anexo E. Panel Fotográfico de Muestreo



Fotografía 1. Estación N° 1



Fotografía 2 Estación N° 2



Fotografía 3 Estación N° 3



Fotografía 4. Estación N° 4



Fotografía 5. Estación N° 5



Fotografía 6. Estación N° 6



Fotografía 8. Estación N° 8



Fotografía 9. Estación N° 9



Fotografía 10. Estación N° 10



Fotografía 11. Estación N° 11



Fotografía 12. Estación N°12



Fotografía 13. Estación N°13

Anexo F. Conservación de Muestras



Fotografía 14. Envase de Conserva de Muestra, para envío de Laboratorio



Fotografía 15. Envase tapa Roja, análisis de pH – Laboratorio INIA – PUNO



Fotografía 16. Envase Tapa Blanca, análisis de concentración de metales tóxico, Laboratorio BHIOS – AREQUIPA



Fotografía 17. Conserva de ambas Muestras



Anexo G. Mapa de Subcuenca del departamento de Puno

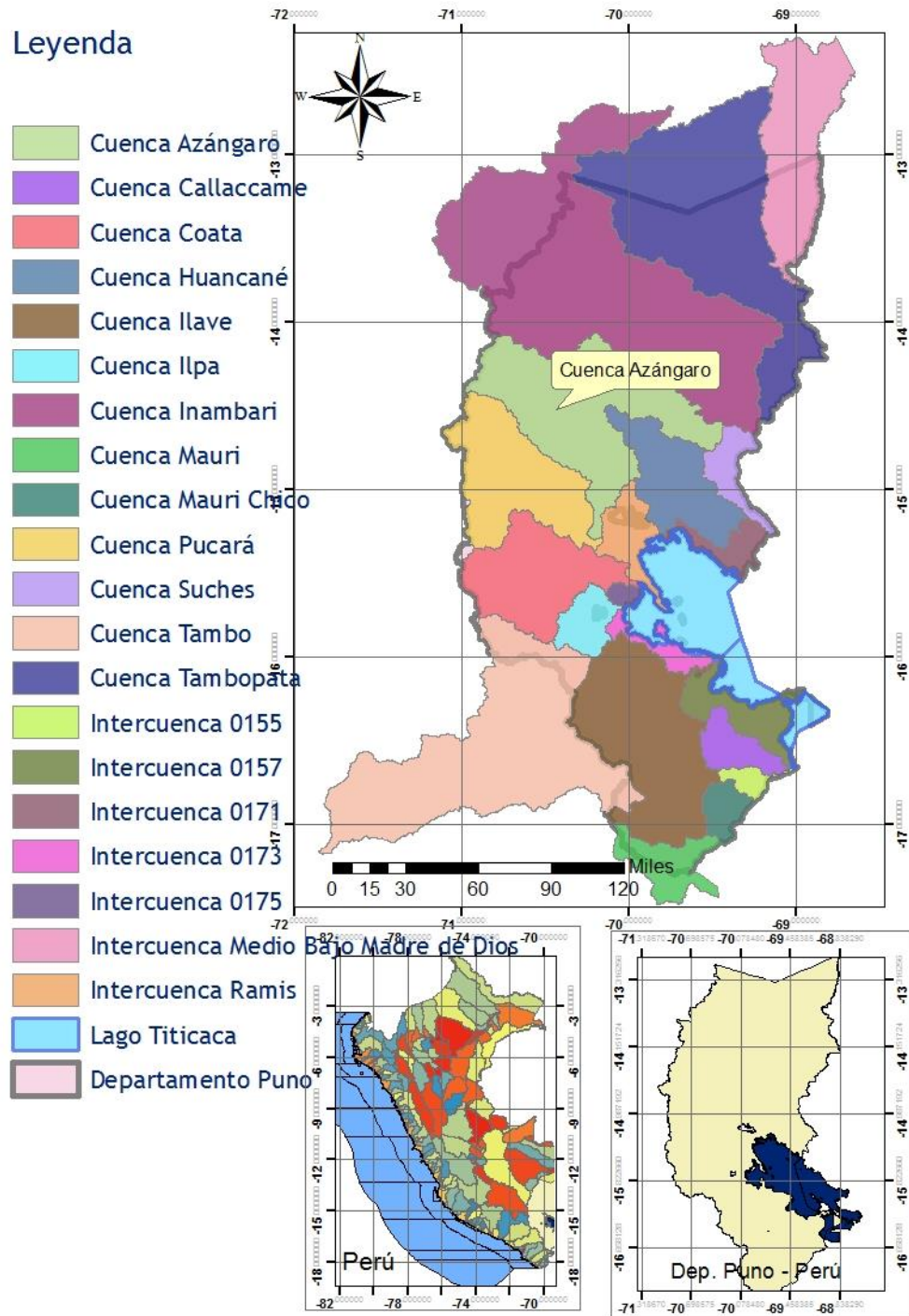


Figura 12. Distribución de cuencas e identificación de la cuenca Azángaro

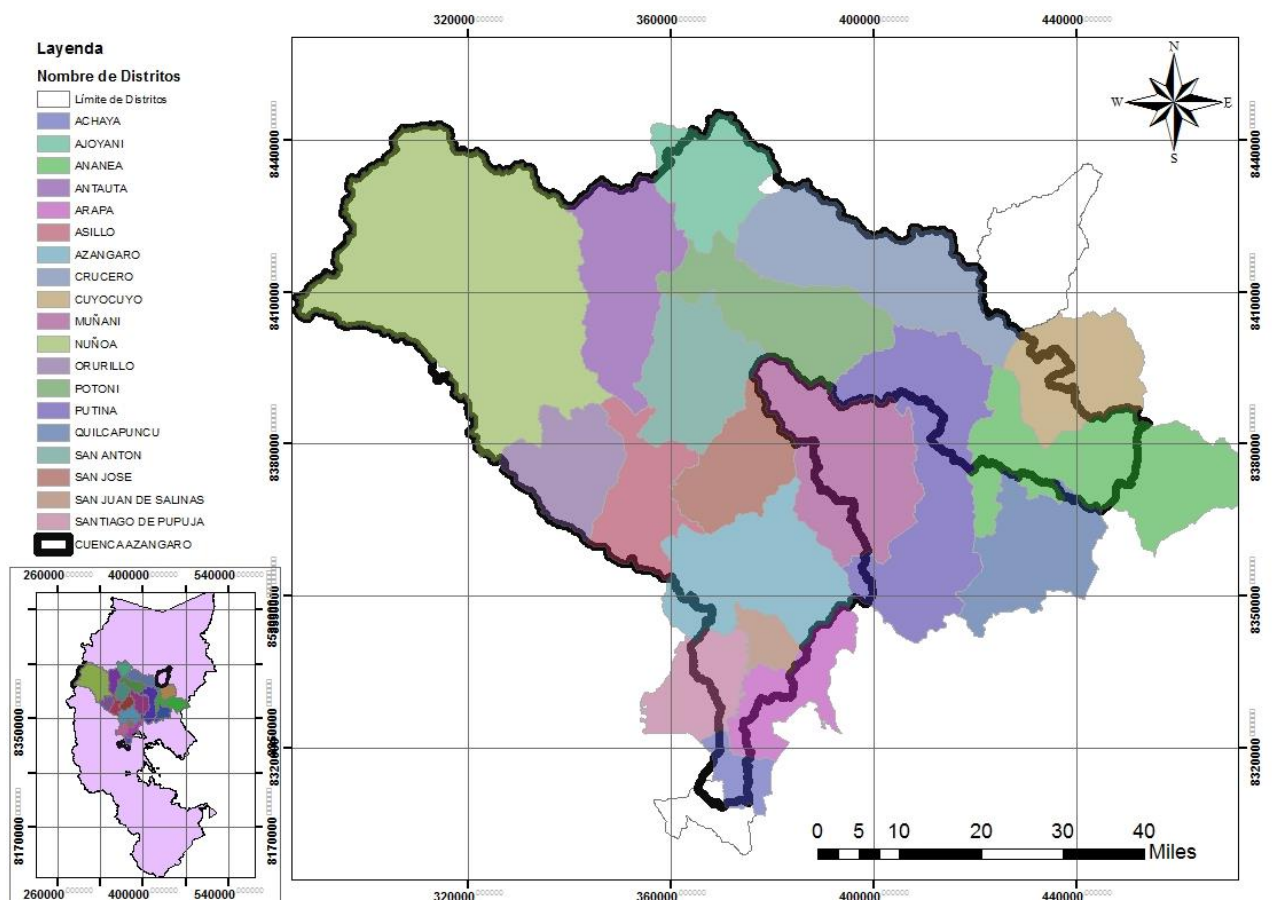


Figura 13. Mapa de ubicación de cuenca Azángaro y distribución de subcuenca de estudio

Anexo H. Informe de Laboratorio pH



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Ofic. Principal: Av. La Molina 1981 - La Molina Lima



CERTIFICADO EN ANALISIS

SOLICITANTE	: Vanesa Incahuanaco Quispe.
INTERESADO	: Vanesa Incahuanaco Quispe.
DIRECCION	:
PROCEDECENCIA	: San Antonio de Putina, Departamento de Puno.
PRODUCTO	: Suelos (Cuenca de Azangaro).
TIPO DE ANALISIS	: Reacción del suelo (pH).
N° DE ANALISIS	: 13.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 19 de Octubre del 2018.
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 19 de Octubre del 2018.

N°	CLAVE USUARIO	Reaccion del suelo
		(pH)
1	E1- Río Inambari	7,55
2	E2- Río Grande	8,12
3	E3- Río Cecilia	8,44
4	E4- Río Crucero	8,42
5	E5- Río Distrito Potoni	8,70
6	E6- Río Ajoyani	9,18
7	E7- Río Antauta	8,52
8	E8- Río Grande	8,68
9	E9- Río Distrito San Anton	8,77
10	E10- Río San Juan	8,74
11	E11- Río Grande	8,55
12	E12- Río Azangaro	8,49
13	E13- Río Achaya	8,38

Conclusiones:

La muestras analizadas de Suelos CUMPLEN con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CAMHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
S.A.N.C.P.O.

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno, Puno, Perú
T: (051) 353-812 RPM #090870



Fotografía 18. Análisis de Sedimentos – pH

Anexo I. Informe de laboratorio de metales tóxicos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



INFORME DE ENSAYOS N° 4724- 2018 PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO		UNIDADES
		E1 - Río Inambari		
FQ	Elemento As	62.247		mg/Kg
FQ	Elemento Pb	8.99		mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.047		mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.093		mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury In Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
 Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Bigo Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4725-2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO	
		E2 - Río Grande	UNIDADES
FQ	Elemento As	38.670	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	6.00	mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.055	mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.163	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS :

- Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
- Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
- Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury In Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revision 2007.
- Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

INFORME DE ENSAYOS N° 4726- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO	
		E3 - Rio Cecilia	UNIDADES
FQ	Elemento As	42.319	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	8.71	mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.171	mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.172	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA


MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury In Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
 Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4727- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO		UNIDADES
		E4 - Río Crucero		
FQ	Elemento As	29.209		mg/Kg
FQ	Elemento Pb	11.97		mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.070		mg/Kg
FQ	Elemento Cd	1.933		mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury in Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revision 2007.
 Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018



[Signature]
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

INFORME DE ENSAYOS N° 4728- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO		UNIDADES
		E5 - Río dist. Potoni		
FQ	Elemento As		13.929	mg/Kg
FQ	Elemento Pb		14.72	mg/Kg
FQ	Elemento Hg		0.015	mg/Kg
FQ	Elemento Cd		0.462	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury in Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revision 2007.
 Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018



Miguel Valdivia Martínez
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

INFORME DE ENSAYOS N° 4729- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO		UNIDADES
		E6 - Río Ajoyani		
FQ	Elemento As		14.681	mg/Kg
FQ	Elemento Pb		29.09	mg/Kg
FQ	Elemento Hg		0.034	mg/Kg
FQ	Elemento Cd		1.547	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

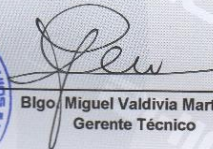
MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury in Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
 Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4730- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO	
		E7 - Rio Antauta	UNIDADES
FQ	Elemento As	25.964	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	11.90	mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.042	mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.567	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

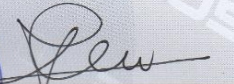
MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury in Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Bigo. Miguel Valdivia Martinez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4731- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO		UNIDADES
		E8 - Río Grande		
FQ	Elemento As		32.357	mg/Kg
FQ	Elemento Pb		12.89	mg/Kg
FQ	Elemento Hg		0.038	mg/Kg
FQ	Elemento Cd		0.549	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

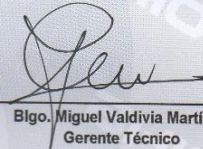
MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury in Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4732- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO	
		E9 - Río del dist. San Antón.	UNIDADES
FQ	Elemento As	33.847	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	15.25	mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.041	mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.459	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA


MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury In Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4733- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO	
		E10 - Río San Juan.	UNIDADES
FQ	Elemento As	28.321	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	14.38	mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.036	mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.488	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

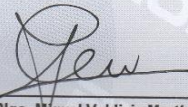
MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury in Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4734- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO	
		E11 - Río Grande.	UNIDADES
FQ	Elemento As	23.795	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	19.49	mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.031	mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.455	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury in Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
 Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018



[Signature]
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 4735-2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO	
		E12 - Río Azángaro.	UNIDADES
FQ	Elemento As	10.703	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	11.89	mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.049	mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.346	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury In Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revisión 2007.
Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 28/10/2018




Blgo./Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS Nº 4736- 2018
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SEDIMENTO		UNIDADES
		E13 - Río Achaya		
FQ	Elemento As	11.136		mg/Kg
FQ	Elemento Pb	7.32		mg/Kg
FQ	Elemento Hg	0.008		mg/Kg
FQ	Elemento Cd	0.081		mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES :

* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

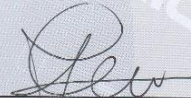
MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento As : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.
 Elemento Hg : Environmental Protection Agency. Method 7471B. Mercury in Solid Or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique). Revision 2007.
 Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/10/2018 al 25/10/2018

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 29/10/2018




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe